

Die Glühlampe

Johannes
Zacharias

621.35

406 LOW

Y1

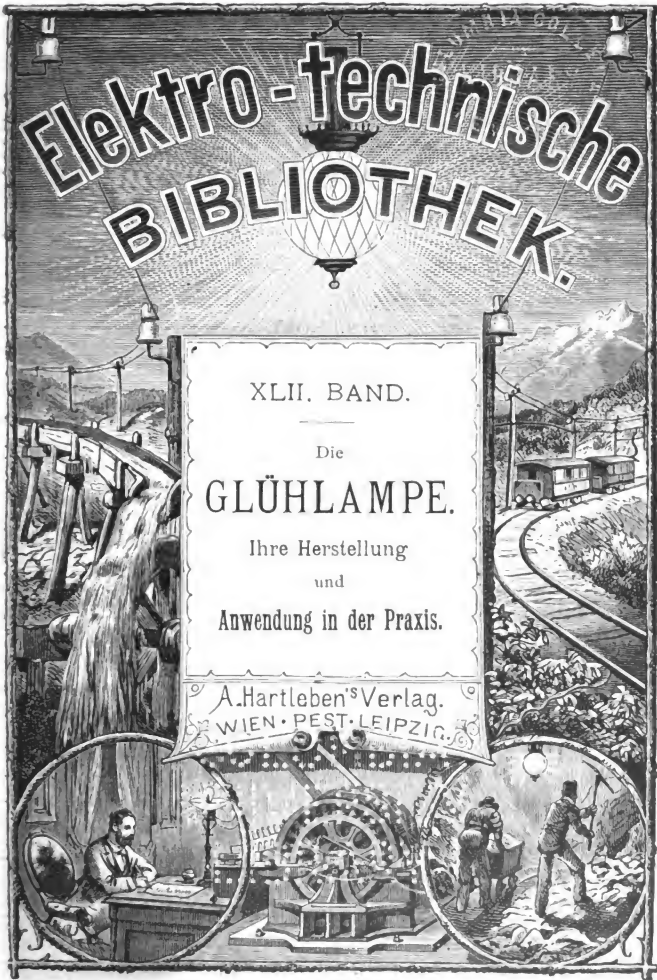
Columbia University
in the City of New York

THE LIBRARIES



GENERAL LIBRARY

Elektro-technische BIBLIOTHEK.



XLII. BAND.

Die

GLÜHLAMPE.

Ihre Herstellung
und

Anwendung in der Praxis.

A. Hartleben's Verlag.
WIEN • PEST • LEIPZIG.

A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reichillustrirten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.
 Eleg. gebunden à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.
 Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von Gustav Glaser-De Cew. Vierte Auflage. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. Zweite Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. Zweite Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermo Säulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermoelektrischen Stromquellen, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. Zweite Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telefon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartz. Zweite Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reineinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. Zweite Aufl. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. — IX. Band. Die Grundlehren der Electricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Aufl. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhang, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. Zweite Aufl. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. — XV. Band. Die Anwendung der Electricität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rudolf Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungselektricität, ihre Gesetze. Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Electricität und des Magnetismus, 1860 bis 1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartz. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Electricität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabeltelegraphie. Von M. Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Electricität. Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie mit besonderer Berücksichtigung der fabrikmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. Die Laboratorien der Elektrotechnik. Von Aug. Neunayer. — XXXIV. Band. Electricität und Magnetismus im Alterthum. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. Magnetismus u. Hypnotismus. Von G. Gessmann. — XXXVI. Band. Die Anwendung der Electricität bei registrierenden Apparaten. Von Dr. Ernst Gerland. — XXXVII. Band. Electricität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte. Von Dr. Theodor Hoh. — XXXVIII. Band. Die Wirkungsgesetze der dynamoelektrischen Maschinen. Von Dr. F. Auerbach. — XXXIX. Band. Materialien für Kostenvoranschläge elektrischer Lichtanlagen. Von Etienne de Fodor. — XXXX. Band. Die Zeitelectrographen und die elektrischen Uhren vom praktischen Standpunkte. Von Ladislaus Fiedler. — XLI. Band. Die elektrischen Motoren, mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Strassenbahnen. Von Etienne de Fodor. — XLII. Band. Die Glühlampe. Ihre Herstellung und Anwendung in der Praxis. Von J. Zacharias etc. etc.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Die
GLÜHLAMPE.

Ihre Herstellung
und
Anwendung in der Praxis.

Von
J. ZACHARIAS.

Mit 51 Abbildungen und 3 Tafeln.



WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1890.

Alle Rechte vorbehalten.

K. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Vorwort.

Ueber die Herstellung der Glühlampe ist besonders in deutschen Zeitschriften bisher nur sehr wenig mitgetheilt worden. In ausländischen, besonders englischen Zeitschriften dagegen finden sich zwar zahlreiche Angaben in den Berichten über die mehrfachen Glühlampenprocesse; eine systematische Darstellung über die gesammte Herstellung ist jedoch bis jetzt noch nicht erschienen. Der Verfasser hat es daher unternommen, die hauptsächlichsten Gesichtspunkte, welche für ein gutes Fabrikat und sachgemässe Anwendung maassgebend sein müssen, übersichtlich zu ordnen und nach eigenen Erfahrungen darzustellen.

Es kann nicht die Aufgabe dieses Buches sein, alle in den verschiedenen Fabriken angewendeten Arbeitsweisen zu beschreiben, da dieselben vielfach auch möglichst geheim gehalten sind, sondern es soll gezeigt werden, wie man eine allen billigen Ansprüchen genügende Glühlampe, bei sachgemäßem Vorgehen und eigenem Nachdenken, erzeugt. Andererseits soll allen Denjenigen, welche die Glühlampe zur Beleuchtung benutzen, Aufschluss darüber gegeben werden, in welcher Weise eine Lampe entsteht, worin vorkommende Fehler

ihre Ursache haben, und wie man denselben abhilft. Eine genauere Kenntniss der gedachten Vorgänge wird mancherlei Misshelligkeiten beseitigen, die öfter zwischen Fabrikanten und Käufern von Glühlampen vorkommen.*)

Verfasser hat darauf verzichtet, seine Ausführungen durch zahlreiche Hinweise auf die Fachliteratur zu ergänzen, da leider gar manches, besonders in deutschen Zeitschriften, was etwa hier für die Fabrikation in Betracht käme, falsch, ungenau oder unvollständig wiedergegeben ist.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, dürfte das Buch umsomehr Interesse gewinnen, als ja in Kurzem die schwebenden Glühlampenprocesse entschieden, und in wenig Jahren die so viel umstrittenen Patente abgelaufen sein werden.

Unzweifelhaft wird dann eine umfangreiche Glühlampen-Industrie sich bilden, für deren Vorbereitung und Entwicklung diese Blätter von einigem Nutzen sein mögen.

Berlin.

J. Zacharias.

*) Um irgend welchen Missverständnissen vorzubeugen, erlaube ich mir hier zu bemerken, dass ich selbst weder an der Herstellung noch am Verkauf von Glühlampen zur Zeit betheiligt bin und mich in jeder Beziehung unparteiisch gehalten habe.

Inhalt.

	Seite		Seite
I. Einleitung.		14. Das Lager und der Ver-	
1. Historisches	1	sand	85
2. Physikalische Bedingungen der Lampe	5	15. Die Brennstation	88
3. Aeussere Formen, Befestigungen und Fassungen	9	16. Die mechanische Werkstätte	90
4. Materialien zur Herstellung	17	17. Die Reparatur defecter Glühlampen	91
II. Herstellung der Lampen.		III. Die Anwendung der Glühlampen.	
5. Die Bearbeitung des Fadenmaterials	21	18. Allgemeine Verwendbarkeit des Glühlichtes .	95
6. Das Verkohlen der Fasern	22	19. Berechnung der Leitungen	96
7. Die Regulirung des Widerstandes (Präpariren) . .	23	20. Bleisicherungen für Leitungen	99
8. Die Befestigung der Fäden	36	21. Schutzglocken für Lampen	112
9. Die Glasbläserarbeiten . .	39	22. Erwärmung der Lampen	115
10. Die Pumpstation	44	23. Reihenschaltung der Lampen	117
11. Das Auspumpen der Luft	70	24. Der wirthschaftliche Betrieb des Glühlichtes .	124
12. Die Bestimmung der Leuchtkraft	74	25. Die Betriebs- und Anlagekosten	128
13. Die Befestigung der Metalltheile	81	26. Hochkerzige Lampen .	132

	Seite		Seite
IV. Schluss	137	17.—19. Leuchtkraft verschiede- ner Normalkerzen und Lichtquellen . . .	160—162
V. Tabellen für die Praxis.		20. Maass der Beleuchtung .	163
1. Photometertabelle nebst Berechnung	142	21. Dauer der Glühlampen .	165
2. Kleine Lampen geringer Spannung	145	VI. Die Entwicklung der Glühlampe in techni- scher und commercieller Hinsicht	169
3. Hochkerzige Lampen . .	146	VII. Historische Entwicke- lung der modernen Glühlampe	184
4.—8. Lampen verschiedener Fabriken	148—152	VIII. Verzeichniss der haupt- sächlichsten Glühlam- penfabriken	190
9. Brennstunden verschie- dener Betriebe	152		
Brennstunden im Jahre	153	IX. Tafeln.	
10. Graphischer Brennkalen- der und Tabelle . . .	154	1. Graphischer Brennkalen- der	192
11. Brennstunden für Stras- senlaternen	155	2. Grössen verschiedener Lampen, Lampen für ver- schiedene Zwecke . . .	194
12. Messungsergebnisse an Glühlampen	156	3. Contacte verschiedener Systeme	195
13. Widerstand für verschie- dene Helligkeit	157		
14. Preisermittelung einer Lampe	158		
15. Oberfläche der Fäden pro Kerze	158		
16. Erfordernisse für Her- stellung von 1000 Stück Lampen pro Tag . . .	159		

Verzeichniss der Abbildungen im Text.

Fig.	Seite
1. Edison-Fassung	13
2. Lampenfassung	14
3. Contact für hochkerzige Lampen nach Siemens	15
4. Contact der Sunbeam-Lampe	15
5. Vitritfassung	16
6. Lampenfassung mit Aufhängung an den Leitungen	17
7. Vorrichtung zum Glühen der Schleifenfäden	22
8. Einrichtung zum Evacuiren bei der Präparatur	32
9. Schaltung zum Glühen beim Präpariren	34
10. Glasballon mit Rohr	40
11. Lampenfuss	41
12. Schliff zum Auspumpen von vier Lampen	42
13. Schliffe zum Auspumpen bis zu zehn Lampen	42
14. Die Sprengel-Pumpe	52
15. Greiner & Friedrichs-Pumpe	54
16. Eiloarts-Hahn	55
17. McLeod's Vacuummeter, einfache Form	59
18. McLeod's Apparat in verbesserter Form	60
19. Crooks'sche Luftfänge	61
20. Töpler's Pumpe	62
21. Widerstand für die Pumpen	64
22. Einrichtung der Pumpstation, Seitenansicht	65
23. Töpler's Pumpe, complet mit Widerstand, Endansicht	66
24. Destillirapparat	68
25. Inductionsapparat	71
26. Einrichtungen am Photometer	75

Fig.	Seite
27. Photometerschaltung	77
28. Gestell zum Eingypsen der Lampen	83
29. Vorrichtung zum Löthen	84
30. Einrichtung der Edison-Lampe	85
31. Einrichtung der Swan-Lampe	86
32. Gestell zum Aufbewahren der Lampen	87
33. Schaltung der Brennstation	89
34. Bleistöpsel nach Edison	102
35. Bleistöpsel nach Siemens	102
36 a. Doppelpolige Bleischaltung nach Edison	104
36 b. Einpolige Bleischaltung	104
37. Bleischaltung nach Siemens	105
38. Edison's mehrfache Leitungssicherung	105
39. Edison's einpolige Sicherung für starken Strom	106
40. Cockburn's Bleidraht	107
41. Cockburn's Bleischaltung	107
42. Zerstörte Bernstein-Lampe	113
43. Zerstörte Schuyler-Lampe	114
44. Staubdichte Schutzglocke	115
45. Luftdichte Schutzglocke	115
46. Bernstein-Lampe	120
47.) Ausschalter zur Bernstein-Lampe	121
48.)	
49. Doppelausschalter von Siemens	122
50. Lebensdauercurve	126
51. Sunbeam-Lampe mit Reflector	135
Tafel 1, Graphischer Brennkalendar	154, 192
„ 2, Grössenverhältnisse der Lampen	194
„ 3, Contacte verschiedener Systeme	195

Index.

	Seite		Seite
Abschmelzen der Lampen . . .	41	Bleiglas	40
Abschneiden der Ballons . . .	40	Bleisicherungen, Anwendung	103
Anwendung der Glühlampen	95	— Berechnung	99
Ausschalter, automatischer		Bleistöpsel	102
— nach Bernstein	121	Bleistreifen, Dimensionen . .	100
— nach Rotten	123	Brechen der Fäden	6
— nach Siemens	122	— der Gläser	81
Ballons, Grössenverhältnisse	194	Brennkaleider im Jahre . . .	153
— Herstellung	40	— graphischer	154, 192
Bearbeitung der Fäden . . .	21	Brennstation	88
Bedingungen, physikalische . .	5	Brennstunden im Jahr . . .	153
Befestigung der Fäden . . .	36	— verschiedener Betriebe . .	152
— der Lampen	15	Cockburn's Bleisicherung . .	107
— der Contacte	81	Constanten von Glüh-	
Beleuchtung, Maass der . . .	163	lampen	145
Bestimmung der Leuchtkraft	74	Contacte für gewöhnliche	
— der Lebensdauer	126	Lampen	85
— der Spannung	74	— für hochkerzige Lampen . .	15
— der Stromstärke	88	Controle der Fabrikation . .	56
Berechnung neuer Lampen . .	26	Dichten von Röhren	55
— beim Photometer	142	Destilliren des Quecksilbers .	68
Betrieb, wirtschaftlicher . .	124	Edison's Glühlampe	85
Betriebskosten des Glüh-		— Lampenfassung	13
lichtes	128	— Priorität	178
Bleidraht	99	Eingypsen der Lampen . . .	83

	Seite		Seite
Einschmelzen des Platins	40	Kerzen, verschiedene	160
Einsetzen der Kohlenfäden	36	Kerzenstärke der Lampen	148
Erwärmung der Lampen 67, 70 , 115		— verschiedener Licht-	
— der Leitungen	96	quellen	160
Etalonlampe	78	Kitt für Luftpumpen	55
Evacuiren der Lampen	70	— für Kohlenfäden	38
Fabrik, Einrichtung	20	Kohlenfäden, Herstellung	21
Faser für Kohlenfäden	17	— Präpariren	24
Fehler der Glühlampen	138	— Befestigen	36
Feuersicherheit der Lampen. 115		Kosten des Glühlichtes	128
Filtriren des Quecksilbers	67	— der Anlagen für Glüh-	
Gasreinigung	31	lichter	128
Garantie der Haltbarkeit	30	Lackiren der Lampen	85
Gestell zum Gypsen	83	Lagergestell	87
Gyps	83	Lagerraum	87
Gypseriei	81	Lampen für besondere	
Glasballon mit Rohr	40	Zwecke	145 , 194
Glasbläserei	43	— verschiedener Fabriken	148
Glasbläserarbeiten	39	— für Schiffsbeleuchtung	146
Glas zu Ballons	40	— -Fassungen	13 , 14
— zum Einschmelzen	40	— -Constructionen	85
Glühofen	23	— Untersuchung	88
Glühen der Fäden	22	— Fuss	41
Güte der Lampen	140	Lebensdauer	126
Greiner und Friedrich's		— Curve	126
Pumpe	54	— Berechnung	167
Grösse der Ballons	194	— Untersuchung	89
Hahn an Luftpumpen	55	Leistungs-Berechnung	96
Haltbarkeit der Lampen	165	— Querschnitt	97
Herstellung der Ballons	40	— Sicherung	99
— der Contacte	81	Leuchtkraft der Lampen	148
— der Schliffe	42	— verschiedener Licht-	
Historisches über Lampen 1 , 184		quellen	160
— über Pumpen	45	— Nachlassen der	168
Hochkerzige Lampen	146	Lichtstärke	142
Hochvoltige Lampen	149	Lichtbedarf	163
Inductionsapparat	71	Lichtverlust	115
Inductionserscheinungen	72	Löhne für die Arbeit	57

	Seite		Seite
Löthen	<u>81</u> , <u>84</u>	Preisermittelung	<u>57</u> , <u>158</u>
Löthkolben	<u>84</u>	Quecksilberpumpen	<u>45</u>
Löthwasser	<u>81</u>	— Reinigung	<u>48</u> , <u>68</u>
Luftdichte Schutzglocken	<u>115</u>	Quetschhahn an Luftpumpen	<u>52</u>
Luftleere der Lampen	<u>51</u>	Reflectoren	<u>135</u>
Luftpumpen, Eintheilung der	<u>45</u>	Reflexion	<u>136</u>
— mit Kolben	<u>31</u>	Reihenschaltung	<u>117</u>
— für Handbetrieb	<u>66</u>	Reinigung der Pumpen	<u>68</u>
— für Maschinenbetrieb	<u>63</u>	— des Quecksilbers	<u>67</u>
— mit Quecksilber	<u>50</u>	Reparatur der Lampen	<u>91</u>
— ohne Hähne	<u>62</u>	Rotirende Pumpen	<u>67</u>
— rotirende	<u>67</u>	Schliffe	<u>42</u>
Maass der Beleuchtung	<u>163</u>	Spannung der Lampen	<u>26</u> , <u>149</u>
Manometer	<u>32</u>	— zum Präpariren	<u>31</u> , <u>33</u>
Massenerzeugung	<u>159</u>	Sprengel's Pumpe	<u>52</u>
Material zur Herstellung	<u>17</u>	Staubdichte Glocken	<u>115</u>
— Preis	<u>57</u>	Sunbeam-Lampe	<u>135</u> , <u>146</u>
McLeod's Manometer	<u>60</u>	Temperatur der Fäden	<u>7</u> , <u>93</u>
Messergebnisse an Lampen	<u>156</u>	— beim Glühen	<u>23</u>
Messen der Leuchtkraft	<u>74</u>	— der Lampen	<u>93</u> , <u>115</u>
— der Spannung	<u>140</u> , <u>74</u>	— beim Auspumpen	<u>70</u>
— der Stromstärke	<u>88</u>	Töpler's Pumpe	<u>62</u>
— des Vacuums	<u>59</u>	Trocknen der Fäden	<u>21</u>
Normalkerzen	<u>160</u>	Untersuchung der Lampen	<u>88</u>
Nutzeffect der Lampen	<u>28</u> , <u>26</u>	— der Luftleere	<u>59</u>
— maximaler	<u>124</u>	— der Lebensdauer	<u>126</u>
Oberfläche der Fäden	<u>158</u>	Ventilation der Räume	<u>35</u>
Oekonomie der Lampen	<u>28</u> , <u>26</u>	Ventil an Luftpumpen	<u>31</u> , <u>62</u>
Patente	<u>170</u>	Verkohlen der Fäden	<u>22</u>
Photometer	<u>75</u>	Verlust durch Bruch	<u>29</u> , <u>57</u>
Photometriren	<u>74</u>	Verpacken der Lampen	<u>86</u>
Photometertabelle	<u>142</u>	Versand der Lampen	<u>85</u>
Platindraht, Stärke des	<u>158</u>	Verschiedene Systeme	<u>9</u>
— Reinheit des	<u>18</u>	Vitritcontacte	<u>16</u>
Präparatur	<u>24</u>	— Fassungen	<u>16</u>
Präpariren	<u>24</u>	Vorrichtung zum Glühen	<u>22</u>
Pumpstation, Einrichtung	<u>44</u>	Vorsicht bei Anbringung der Lampen	<u>115</u>
Putzen der Lampen	<u>85</u>		

	Seite		Seite
Werkstatt, mechanische . . .	90	Widerstände der Brennstation	89
Widerstände zum Aus-		— für den Versand . . .	87
pumpen	64	Zerstörung brennender Lam-	
— für einzelne Lampen . .	157	pen	113
— für Kohlenfäden . . .	33	Zukunft des Glühlichtes . 3,	136
— für Photometer . . .	75	Zuschmelzen der Lampen .	41

DIE GLÜHLAMPE.

Ihre Herstellung
und
Anwendung in der Praxis.

I. Einleitung.

1. Die historische Entwicklung

der Glühlampe einem rein der Praxis gewidmeten Werke ausführlich voranzuschicken, halte ich nicht für erwünscht, weil sie für ein solches Werk wenig Werth hat. Ich will daher über dieselbe nur das Wesentlichste bemerken.

Die ersten Glühlampen hatten keinen Kohlenfaden als Leuchtkörper, sondern eine Platinspirale, wie z. B. die Lampen von Lontin, de Changy, King, Lodyguine. Auch Edison hatte ursprünglich es mit einer Metallspirale versucht, bis er schliesslich zu der Erkenntniss kam, dass nur ein Kohlenfaden eine längere Haltbarkeit des Glühkörpers ermöglicht. So entstand unsere heutige Glühlampe, wie sie Edison, Sawn, Maxim und Andere construiert haben.

Sawyer und Man waren in 1878 die Ersten, welche an Stelle der bis dahin versuchten Retortenkohle Holzkohle anwendeten, jedoch erst Edison hatte Erfolg mit seinen Versuchen, nachdem er anstatt der zuerst gebrauchten Papierkohle solche aus Bambusrohr fertigte in 1879. Es sind jetzt also rund 10 Jahre vergangen, seit die Glühlampe in die Praxis eingeführt wurde.

Der Aufschwung, welchen die Elektrotechnik in dieser so kurzen Zeit genommen hat, ist in der Culturgeschichte ohne Gleichen. Zuzufolge der Erfolge, welche man in New-York 1882 mit den Centralen und in Paris bei der elektrischen Ausstellung von 1881 hatte, sind Systeme der Glühlichtbeleuchtung in veränderten Formen über die ganze Erde verbreitet worden; eine sehr grosse Anzahl von Ortschaften und grösseren Städten hat Anlagen geschaffen, welche Strassen und Häuser mit elektrischem Licht versorgen. Noch vor wenig Jahren war man erstaunt, die grossen Dynamos von Edison zu sehen, und heute hat man nicht solche Maschinen für 1000 Lampen, sondern für 1000 Pferdekkräfte in Gebrauch, d. h. also Dynamos, welche den Strom für 10.000 Glühlampen liefern. Maschinen dieser Grösse sind z. B. in den Berliner Elektrizitätswerken in Betrieb.

So gross auch alle diese Fortschritte und Errungenschaften sind, welche die Erfindung der Glühlampe überhaupt erst ermöglicht hat, so sind wir doch erst am Ende der Einföhrungsepoche. Eine nicht minder wichtige zweite Epoche wird ihr in Kurzem folgen und damit erst das Glühlicht einen in jeder Beziehung allen Ansprüchen genügenden Abschluss erreicht haben. Es ist dies die allgemeine Einföhrung und Anwendung der Accumulatoren, deren Haltbarkeit man nunmehr so weit erhöht hat, dass man sie in Kürze als Ergänzung für die Centralen aufstellen wird. Von diesem Zeitpunkt an wird es erst möglich sein, zu jeder Zeit Glühlicht zu haben, ohne dass Dynamos beständig in Betrieb zu sein brauchen. Für die Sicherheit des Betriebes war dies zwar nicht mehr so dringend erforderlich, weil man alle Einrichtungen so vorzüglich

getroffen hatte, dass Störungen zu den seltensten Ausnahmen gehörten, aber der ökonomische Betrieb, der doch schliesslich erst das Glühlicht ganz populär machen kann, wird nur durch die Anwendung der Accumulatoren zu erreichen sein.

Eine dritte Periode in den Fortschritten der Glühlichtbeleuchtung ist zwar schon angebahnt, jedoch noch sehr im Versuchsstadium begriffen, so dass von einer Einführung in die Praxis noch gar keine Rede sein kann. Ich meine die Verwendung des Glühlichts im Hause ohne Anwendung von Dynamos, so dass man entweder den erforderlichen Strom durch eine galvanische, respective thermoelektrische Batterie billig erzeugen kann, oder den Strom in einer Flüssigkeit aufspeichert, die man am Verwendungsorte in eine Batterie füllt, in der sie sich zersetzt und dadurch Strom liefert. Vielleicht gelangt man durch eine geschickte Combination beider Erzeugungsarten zum Ziele, oder es gelingt später einmal, aus der Steinkohle direct Strom zu erzeugen. Die Erfüllung dieser hier gedachten Aussichten wird allerdings erst das Glühlicht zum Allgemeingut Aller machen, da man dann auch an solchen Orten elektrisches Licht erzeugen kann, welche weder Maschinenbetrieb haben, noch von einer Centrale Strom erhalten können.

Edison war sicher der Erste, welcher der Glühlampe eine praktische Brauchbarkeit und grosse Verbreitung gegeben hat. Dass Edison nicht der Erste war, welcher das Princip der Glühlampe gefunden hat, dürfte allbekannt sein. Es ging damit wie mit allen wichtigen Erfindungen. Schon Jahre zuvor, und mit ihm zugleich, haben Andere die Idee verfolgt und praktisch versucht, er war auch kaum der Erste,

welcher die Glühlampe mit einem feinen Kohlenfaden versah, sondern Sawyer und Man haben zuerst eine Lampe von hohem Widerstande erzeugt. Edison's erste Lampen, mit einer Kohle aus Papierfaser, hatten einen viel zu geringen Widerstand und brauchten in Folge dessen für 10 oder 16 Kerzen noch viel zu viel Strom, als dass man ein ganzes Leitungsnetz zum Betriebe derselben hätte anlegen können. Erst mit der Einführung der Bambusfaser war es Edison möglich, Lampen zu fertigen, welche bei 100 Volts etwa 0.80 Ampère Strom für 16 Kerzen benötigten.

Mit diesem wichtigen Schritt that Edison den zweiten, nämlich seine Centralstation in New-York zu errichten. Von diesen beiden grossartigen Neuerungen hatten wir in Europa schon Vieles gehört, ohne es recht zu glauben, so dass einer unserer ersten Elektriker, als er von der Erfindung der Edison'schen Lampe hörte und die damals noch mangelhafte Lampe mit Papierkohle sah, erklärte, die Glühlampe wäre der grösste amerikanische Humbug, der ihm je vorgekommen wäre. Das war etwa Ende 1879. Mitte 1881 kam die Pariser elektrische Ausstellung und mit ihr eine Installation von 1000 Lampen mit einer der bekannten grossen Edison-Dynamos. Man fuhr nach Paris in der vorgefassten Meinung, dass Edison's Erfindung nichts Besonderes bedeute, man sah die grossartige und eigenartige Einrichtung mit allen wohldurchdachten Einzelheiten in praktischer Anwendung; man staunte die Sache beschämt an und — beeilte sich, in Berlin schleunigst auch Glühlampen etc. zu fertigen, und hiermit begann eine neue, umfangreiche Industrie.

2. Physikalische Bedingungen.

Drei Hauptbedingungen mussten zuvor erkannt und festgestellt sein, ehe man brauchbare Glühlampen fertigen konnte. Die erste war das hohe Vacuum, um die Ausstrahlung der Wärme zu hindern, die zweite der Kohlenfaden von hohem Widerstand, und die dritte die Regulirung des Widerstandes durch Aufschlagen von Kohlenstoff. Mit diesen drei Hauptbedingungen war die Grundlage zu unserer heutigen Glühlampe gelegt, deren Vervollkommnung jedoch erst möglich wurde durch Verbesserung der Luftpumpen und der Zubereitung des Kohlenfadens. In letzterer Beziehung waren Cheasborough und Maxim die Ersten, welche einen möglichst gleichen Widerstand in den Fäden durch gleichmässiges Niederschlagen der Kohle aus kohlenwasserstoffhaltigen Gasen erzeugten.

Fast allgemein findet man, selbst in Fachschriften, ganz unklare Vorstellungen über die Bedingungen, unter denen es möglich ist, eine gute ökonomische Glühlampe herzustellen. So gibt z. B. in 1890 ein bekannter Kalender für Elektrotechnik folgende Beschreibung einer Glühlampe: „Schaltet man in einen guten Elektricitätsleiter ein kurzes Stück mit sehr hohem Widerstand, so erhält man nach dem Joule'schen Gesetze in jenem kurzen Stück bedeutende Wärmeentwicklung, die ein Glühen und in weiterer Folge ein Leuchten des Körpers zur Folge hat.“ Bis hierher ist die Erklärung vollkommen richtig. Verfasser fährt jedoch folgendermaassen fort: „Schliesst man nun einen so leuchtenden Körper in einen sauerstofffreien Raum

ein, so dass jeder Oxydationsprocess hintangehalten ist, so erhält man eine der gebräuchlichen Glühlampen."

Dieser Schluss ist in mehrfacher Hinsicht durchaus falsch. Zunächst kommt es nicht allein darauf an, dass der Raum, in welchem der Körper glüht, keinen Sauerstoff enthält, sondern vor Allem darauf, dass er überhaupt ein Vacuum bildet, warum, werden wir weiter unten sehen. Wenn ferner das leuchtende Stück des Leiters nur kurz ist, so haben wir noch lange keine der gebräuchlichen Glühlampen, sondern es ist durchaus wesentlich, wie ich vorhin schon bemerkte, dass dieses Stück glühenden Leiters einen verhältnissmässig hohen Widerstand hat, also ziemlich lang im Verhältniss zum Durchmesser ist; der glühende Körper muss eben einen Faden bilden.

Eine weitere, fast allgemein verbreitete falsche Ansicht ist die über die Eigenschaften des Vacuums einer Glühlampe. Man findet nämlich oft als Fortschritt in der Fabrication angegeben, dass man die Lampen innen mit Stickstoff füllt, um das Verbrennen des Kohlenfadens möglichst zu verhindern. Auf den ersten Blick scheint diese Neuerung auch ganz plausibel, jedoch Alle, welche dies so ohneweiters als richtig verbreiten, haben gewiss noch niemals den Erfolg einer solchen Stickstofffüllung probirt. Ueber diesen Punkt will ich folgende interessante Thatsachen hier mittheilen: Für einen ganz bestimmten Zweck kam es einst darauf an, einige Lampen herzustellen, welche kein Vacuum enthielten. Es lag also ganz nahe, sie mit Stickstoff zu füllen. Für die ersten Versuche nahm man einige Lampen, die sonst bei 100 Volts 16 Kerzen hatten, evacuirte sie stark und führte dann

eine geringe Menge trockenen Stickstoffs ein, den man durch abermaliges Evacuiren sehr stark verdünnte.

Zu allgemeiner Freude gelang dieser Versuch scheinbar glänzend, aber — die Lampen wurden sehr heiss und brauchten nun nicht 100, sondern circa 200 Volts! Ja, sie wurden so heiss, dass ein Stück Holz nahe bei den Lampen verkohlte, so dass man sich die Finger am Glase verbrannte.

Es war hierdurch der untrügliche Beweis geliefert, dass man eine solche Gasfüllung durchaus nicht anwenden darf, nicht allein wegen der Hitze, die eine solche Lampe ausstrahlt, sondern auch, weil durch die Ausstrahlung die Lampe sehr unökonomisch wird. Man erreicht also weder die so viel gepriesene Feuersicherheit, noch die für eine praktische Lampe erwünschte Oekonomie. Es folgt hieraus weiter, dass ein sehr hohes Vacuum für eine gute Lampe eine unumgängliche Bedingung ist. Gerade die Entfernung aller Gase, auch der atmosphärischen Luft, ist deshalb so wichtig, weil hierdurch die Ausstrahlung der von dem glühenden Faden erzeugten Wärme verhindert wird. Der Faden einer normal brennenden Glühlampe erscheint beinahe weissglühend, woraus sich mit Sicherheit schliessen lässt, dass die Temperatur in diesem Glühzustande sicherlich über 1000° C. beträgt. Wenn man also dieser so grossen Hitze den Weg nach aussen nicht durch Entfernung aller Gase sorgfältig abschneidet, so wird eine beträchtliche Wärmemenge nach aussen abgegeben, und die Lampe ist eben sehr unökonomisch, weil so viel Wärme, als nach aussen abgegeben wird, auch wieder ersetzt werden muss, um die Lampe auf die gewünschte Leuchtkraft zu bringen.

Eine weitere eigentlich höchst selbstverständliche Bedingung ist die, dass man auch für einen dauernden Luftabschluss sorgt, nachdem die Lampe evacuirt ist. Auch die Wandstärke des Glases und die glatte Oberfläche spielen eine wohl allgemein nicht bekannte Rolle; Lampen mit zu starkem Glase, als auch Lampen aus mattem Glase erwärmen sich viel mehr, als solche aus dünnem Glase und mit glatter Oberfläche.

Was nun die Stärke und Länge des Fadens anbetrifft, so richtet sich beides ausser nach dem Material auch nach der gewünschten Helligkeit und der Spannung, für welche die Lampe bestimmt ist; jedenfalls muss die Länge für alle Lampensorten den Durchmesser des Kohlenkörpers ganz bedeutend übertreffen, es muss eben mehr oder weniger ein fadenförmiger Kohlenkörper sein.

Eine weitere sehr wichtige Bedingung für gute Lampen ist die, dass alle Lampen gleicher Spannung und Kerzenstärke möglichst den gleichen Widerstand haben, weil sonst die Lampen nicht mit gleicher Temperatur glühen. Sie erhalten sonst nicht allein ungleiche Kerzenstärke, sondern werden auch nicht die gewünschte Dauer haben, sondern alle Lampen, welche zu hell glühen, werden früher zugrunde gehen als die normal glühenden Lampen. Auch muss der Faden in seiner ganzen Länge völlig gleichmässig glühen, denn an denjenigen Stellen, wo er etwa stärker glüht, wird er frühzeitig zerstört, weil seine Ausdehnung dann sehr ungleich ist und dadurch gewisse Arbeitscentren entstehen, die die Festigkeit des Materials höher beanspruchen, als es in den übrigen Theilen geschieht.

3. Aeussere Formen, Befestigungen, Fassungen der Glühlampe.

Man hört gar oft die äussere Gestalt oder Form der Glasbirnen von Laien, als auch Fachleuten kritisiren, ohne dass diese Kritiker auch nur ahnen, in welchem engen Zusammenhange alle diese Aeusserlichkeiten mit dem einmal gewählten System stehen.

Man möchte fast behaupten, dass alle Einzelheiten z. B. bei der bekannten Edisonlampe wohl durchdacht und so vortheilhaft angeordnet sind, dass sie sich Jeder zum Muster nehmen könnte. Dies ist nun aber leider nicht angängig, weil Herr Edison sich seine Lampe wohlweislich in ihren Theilen hat durch Patente in allen Ländern schützen lassen. Infolge dessen hat die Menge seiner Nacherfinder andere Constructionen wählen müssen, und wir haben, anstatt der so wünschenswerthen Einheitlichkeit, eine Unzahl von verschiedenen Einrichtungen, die nicht eher einem allgemeinen Normsystem weichen werden, bis entweder die zahlreichen Glühlampenprocesse entschieden oder Herrn Edison's Patente abgelaufen sind.

Hauptsächlich ist ein Umstand für die allgemeine Form der Birne und ihrer Theile massgebend. Dies ist die Entscheidung, ob man die Lampe bei den Drähten unten oder am oberen Ende evacuiren will, d. h. ob die Spitze oben oder unten sein soll. Mit dieser Entscheidung steht nämlich in engstem Zusammenhang die Einschmelzung der Drähte. Zur Evacuation ist, wie bekannt, das Anblasen einer Röhre nothwendig, die man an dem weiteren, oberen Theile der Birne natürlich sehr leicht anbringen kann, so dass man am unteren Ende

Platz genug für die Drähte behält. Hat man sich jedoch für Anblasen des Rohres am unteren Ende entschlossen, so ist man dadurch genöthigt, die Drähte in grösserem Abstände voneinander einzuschmelzen, man kann sie dann nicht mehr in einen Körper zuvor vereinigen (Fig. 31*b*), sondern man muss sie einzeln in die Birne einfügen (Fig. 11). Edison hat dies durch seine Construction in vortheilhafter Weise wie folgt erreicht: Um eine gute Isolirung der Drähte voneinander zu erhalten (Fig. 30*a*), hat er beide in eine kurze, unten flachgedrückte Röhre eingeschmolzen, die dann später als Ganzes in den Ballon eingeführt und verschmolzen wird. Er erreicht hierdurch noch den weiteren Vortheil, dass nur sehr kurze Platindrähte zum Einschmelzen nöthig sind. Dies ist insofern von Wichtigkeit, als der sehr hohe Preis dieses Materials äusserst sparsame Anwendung verlangt. Der Preis eines Kilogramms Platindraht ist augenblicklich rund 1200 Mark, so dass bei einzelnen Lampensystemen etwa 25 Pfennige allein Materialkosten auf Platin entfallen, während in der Edisonlampe etwa nur für 10 Pfennige enthalten ist.

Zu den Lampen ohne hervorragende Spitze gehören zur Zeit nur die Lampen von der de Kohtinsky- und der Seel-Compagnie, während fast alle anderen Fabriken die Spitze am oberen Ende anwenden. Für manche Zwecke ist es sehr angenehm, die Lampen ohne Spitze oben zu erhalten, besonders da, wo, wie auf Schiffen, die Lampen fast ohne Ausnahme in Glasglocken eingeschlossen werden. Die Lampen ohne Spitze sind kürzer und nicht so leicht Verletzungen ausgesetzt.

Von vielen Laien hört man auch oft die schöne gefällige Form einiger Fabrikate rühmen. Man liebt

vielfach Lampen von möglichst kleiner, rundlicher Form, ohne zu wissen, dass auch die Dimensionen der Birne bis zu einem gewissen Grade eine gegebene Grösse sind. Die Grösse der Birne, d. h. also das Volumen des Glases, steht in engem Zusammenhange mit der Kerzenzahl der Lampen. Man kann nicht einen Faden von 50 Kerzen z. B. in ein Glas für eine 16kerzige Lampe einschmelzen, weil einmal die Grösse des Ballons von der Länge des Fadens abhängig ist und weil die Wärme eine gewisse Oberfläche verlangt, damit die Lampe nicht zu heiss wird. Auch hat man gefunden, dass Lampen mit zu kleinen Gläsern nicht so lange halten, als solche mit entsprechend grösseren Birnen. Für die Form der Gläser sind also nicht allein Geschmack und gefälliges Aussehen, sondern ganz besonders Haltbarkeit und Helligkeit massgebend. Ja selbst der enge Hals der Birne richtet sich nach der Einschmelzung der Drähte. Wo diese einzeln mit Abstand eingefügt sind, muss der Hals nicht nur wegen der grösseren Entfernung beider Drähte voneinander grösser sein, sondern auch wegen der Erwärmung etwas weiter gemacht werden, damit die Gläser nicht durch die Hitze sich zu stark ausdehnen und in Folge dessen springen.

Die Verbindung des Platindrahtes mit den Contacten, zur Einführung des elektrischen Stromes in die Lampen, bewirkt man in zweierlei Form. Entweder lässt man die Drähte ohneweiters lang und glatt herausragen, oder man biegt sie vor dem Einschmelzen in Form einer Oese. Die letztere Art verdient insofern den Vorzug, als die Drähte gegen Abbrechen beim Transport sehr gut geschützt sind, während bei der anderen Art leicht und oft die Lampe unbrauchbar wird, indem der Draht kurz am Glase wegbricht.

Die Form des Contactes, respective der Metalltheile im Contactkörper, welcher in die Fassung eingeführt wird, muss sich vor Allem nach der Helligkeit, d. h. nach der Stromstärke richten. Der schlechteste Contact ist die Oese, wie sie in den alten, ursprünglichen Swanlampen so beliebt war. Die Platinöse liegt in dem Haken der Fassung beinahe nur an einem Punkte auf, die Berührung ist sehr gering und leicht dem Verschmutzen ausgesetzt.

Für jede Stromstärke ist zur sicheren Fortleitung des Stromes ohne wesentliche Erwärmung eine gewisse Berührungsfläche erforderlich. Ist diese Fläche zu klein, so tritt Erwärmung und damit Spannungsverlust ein, der mitunter bis zu 5 Volts betragen kann, oder die Erwärmung kann so stark werden, dass der Contact verbrennt, beides Vorkommnisse, die unter allen Umständen vermieden werden müssen.

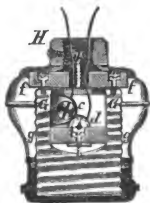
Eine weitere Rücksicht bei Gestaltung des Contactkörpers ist die sichere Befestigung der Birne durch Einkitten in den Contacttheil. Dies soll derart geschehen, dass zwar ein sicheres Festhalten des an sich sehr glatten Glases gesichert ist, andererseits aber auch das Glas beim Erwärmen sich genügend leicht ausdehnen kann.

Mit der Gestaltung der Contacte einer Glühlampe steht die zu denselben gehörende Fassung naturgemäss in engstem Zusammenhange. Abgesehen von äusserer Form, Preis und Haltbarkeit, soll die Fassung zunächst die Lampe unter allen Umständen sicher festhalten und die Einführung des Stromes in den Kohlenfaden vermitteln, d. h. die Lampe darf sich weder mit der Länge der Zeit durch Zufall, noch in Folge von häufigen oder zufälligen Erschütterungen, wie auf Schiffen oder in Mühlen, in der Fassung lockern.

Eine weitere, nicht unwichtige Bedingung, der leider nur sehr wenige Constructionen Rechnung tragen, ist die, dass die Lampen sich um ihre Längsachse drehen lassen. Bei fast jeder Lampe krümmt sich der Kohlenfaden bei längerem Gebrauch. Diese Krümmung wird mit der Zeit so stark, dass der Faden die Glaswand berührt, diese wird sehr heiss, und die Lampe ist sicher verloren, weil das Glas springt. Kann man dagegen bei Zeiten die Lampe so drehen, dass die Krümmung des Fadens nach oben geht, so streckt sich der Faden wieder in eine gerade Lage. Bei Lampen, die sehr lange halten, kann man dieses Drehen bei einiger Aufmerksamkeit einigemal wiederholen und auf diese Weise nicht unwesentlich ersparen.

Die allbekannte und auch am meisten verbreitete Edison-Fassung (Fig. 1) trägt diesen zuvor genannten Anforderungen nicht in allen Punkten Rechnung. Der Contact zwischen den Theilen der Lampe und der Fassung ist zwar sehr innig, er lockert sich jedoch bei dauernden Erschütterungen; auch das Drehen der Lampen bei Krümmung des Fadens ist nur bei den Spiralfassungen möglich, während die gewöhnlichen Fassungen mit Metallhülse dies nur in sehr beschränktem Maasse erlauben. Die Swan-Fassung mit Bayonettverschluss gewährt eine unter allen Umständen sichere Befestigung der Lampe und gestattet auch, wenigstens in einer Richtung die Lampe zu drehen; allen Ansprüchen jedoch dürfte nur die Construction von Huber genügen, die vom Erfinder sowohl als auch von der Mailänder Firma B. Cabella in den Handel

Fig. 1.



gebracht wird. Fig. 2 zeigt diese Fassung mit dem Lampencontact. Der äussere Metallring hat eine Einschnürung, in welche starke Federn der Fassung greifen, während in der Mitte ein gespaltenen Stift an der Fassung in eine federnde kleine Hülse in dem Lampencontact passt. Auf diese Weise ist eine sichere Verbindung aller Theile mit grosser Berührungsfläche erzielt, während die Lampe in jede beliebige Lage in ihrer Achsenrichtung sich drehen lässt.

Fig. 2.



Eine ähnliche Construction findet man in Amerika. Dieselbe hat noch insofern einen Vorzug, als der Metallring und der Stift an der Lampe durch eine runde Glasscheibe voneinander isolirt sind. Dieses Isolirmittel hat man hauptsächlich viel in England in Gebrauch, sowohl für die Contacte an den Lampen als sogenannte „vitrit caps“, als auch in den Lampenfassungen. Eine weitere, ganz solide Construction ist die von Bernstein mit zwei hervorragenden, am Ende eingeschnürten Stiften, die vielfach in Süddeutschland in Gebrauch ist. Die

alten Oesenfassungen habe ich nur noch in Ungarn vielfach gefunden, aber auch hier fängt man an, sie allmählich gegen bessere Constructionen auszuwechseln. Welcher Umschwung sich in der Lampenfabrication in den zehn Jahren ihres Bestehens vollzogen hat, geht am besten daraus hervor, dass wir die ersten Swan-Lampen aus England mit 20, dann mit 10 Mark bezahlten, während sie heute nur noch 2·0 Mark kosten.

Allgemein pflegt man die metallische Berührung der Contacte an der Lampe mit den entsprechenden Contacttheilen in der Fassung durch Federn zu bewirken, nur Edison hat die Schraube zu diesem Zwecke. Diese Art der Verbindung ist jedoch bei den federnden

Fig. 3.

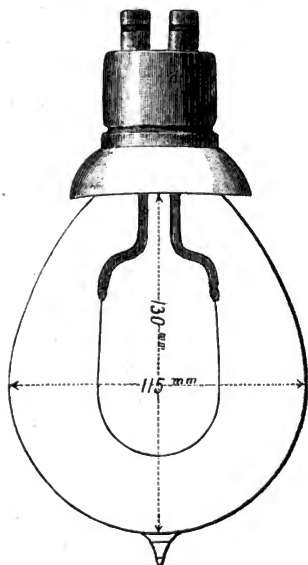
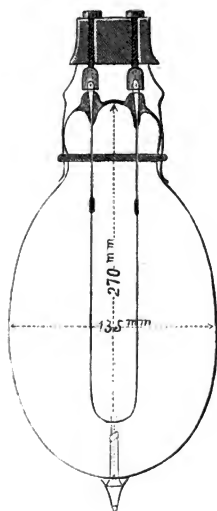


Fig. 4.



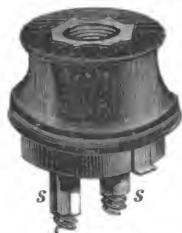
Contacten nur zulässig für Lampen bis etwa 32 Kerzen, bei der Schraube höchstens bis 50 Kerzen, darüber hinaus müssen grossflächige, stark federnde Contacte, wie Siemens sie für Lampen von geringer Voltzahl und grosser Kerzenzahl fertigt, gebraucht werden, oder

Fig. 5b.

Fig. 5a.



Fig. 5c.



man muss die Drähte der Lampe, wie es die Sunbeamlamp-Company macht, an die Fassung durch grosse Schrauben befestigen. Beide Constructionen sind in den Fig. 3 und 4 abgebildet und ohne Erklärungsverständlich.

Eine sehr haltbare, gut isolierende und praktische Fassung ist in den Fig. 5 a bis c abgebildet. Fig. 5 b zeigt die zusammengesetzte Fassung, in welche der Lampencontact

(Fig. 5 a) hineinpasst. In Fig. 5 c ist die Fassung in ihren einzelnen Theilen dargestellt. Die Leitungsdrähte werden unter die Muttern *s* untergeklemt, die an den Enden der Muttern *s* befindlichen kleinen Spiralfedern drücken auf die Contactplatten *p* der Contactkappe. Der die einzelnen Theile zusammenhaltende, isolirende Körper besteht aus einem sehr gut gekühlten, schwarzen Glasfluss, allgemein „Vitrit“ genannt.

Mitunter, besonders in Privaträumen, ist es erwünscht, die Glühlampe mit der Fassung direct an der Leitung aufzuhängen und die immerhin schweren Beleuchtungskörper aus Metall ganz zu vermeiden. Zu diesem Zweck verwendet man die Fassung, wie sie Fig. 6 darstellt. Die Leitungen, welche aus biegsamer Schnur bestehen, werden zunächst durch ein Loch im Isolirkörper gezogen und dann an den Enden festgeschraubt. Ueber beide Verbindungen wird dann die Schutzkappe gedreht, welche das Eindringen von Staub verhindert. Durch diese Einrichtung ist das Abbrechen der Leitungsenden verhindert, da sie durch die Schlingen theilweise entlastet sind. Es ist nicht möglich, hier auch nur annähernd die gebräuchlichsten Constructionen der Lampenfassungen zu beschreiben, sie sind sehr zahlreich und je nach dem Zwecke, dem sie dienen sollen, sehr verschieden. In England verwendet man z. B. noch eine Menge verschiedener Oesenfassungen, während man am Continent sie kaum mehr gebraucht.

Fig. 6.



4. Die Materialien zur Herstellung.

Zur Anfertigung der Ballons nimmt man fast nur das leicht schmelzbare Bleiglas, da es sich leicht und sicher verarbeiten lässt, oder überhaupt ein Glas, das zur Anfertigung von Röhren und den Glasbläserarbeiten geeignet ist. Für die Einschmelzung der Drähte ist

dieses Glas jedoch nicht geeignet. Es gibt nur ein Metall, welches die gleiche Ausdehnung wie gewisse Glassorten hat, dies ist das Platina, und die mit diesem zusammenpassende Glassorte ist entweder eine ganz bestimmte Sorte Pariser Bleiglas, die in dünnen Stängelchen roth oder weiss in den Handel kommt, oder ein Chrysolitglas. Andere Glassorten, die sich nicht mit dem Platina gleichmässig ausdehnen, würden nach kurzer Zeit an den Drähten undicht werden und der Luft den Zutritt nicht genügend absperren. Sehr wichtig ist hierbei, dass der Platindraht möglichst rein ist, so dass er höchstens 1 bis 2 Procent fremde Bestandtheile enthält. Wollte man Draht verwenden, der noch mehr fremde Beimischungen hat, so liefe man Gefahr, dass die Ausdehnung mit dem Glase nicht ganz gleich wäre und also viele Lampen bald Luft enthalten würden.

Als Material zur Herstellung der Kohlenfäden verwendet man in den verschiedenen Fabriken sehr verschiedene Stoffe. Jedenfalls nimmt man bis jetzt Stoffe vegetabilischen Ursprungs, die sich in der Hitze verkohlen lassen. So verwendet die Brush-Company in London nitrirte Pflanzenfaser, die Kohtinsky Gelatine oder Colloidum, die Swan-Company Baumwollfaden oder gleichen Stoff wie Brush. Die meisten deutschen Fabriken nehmen natürliche Holzfaser von Bambus, Indiafaser, Piassawa, Kittul etc. Es ist sehr wichtig, dass die Pflanzenfaser in gutem, trockenem Zustande geliefert wird, dass die Structur des Holzes nicht durch Pilze oder Fäulniss zerstört ist. Es ist vorgekommen, dass eine Fabrik einst eine Woche lang keine gute Lampe fertig bringen konnte, weil man aus China verfaulten Bambus er-

halten hatte. Mit Ausnahme des Bambus kommen die oben genannten Pflanzenfasern nur in sehr dünnen Stücken vor, so dass man die Kohlenfäden höchstens bis zu 50 Kerzen aus denselben fertigen kann. Für hochkerzige Lampen mit Fäden von 1 bis 3 mm Stärke muss man stets zu künstlichem Material greifen, ähnlich demjenigen, aus welchem die Kohlenstifte für das Bogenlicht gemacht werden, wie z. B. Coaks, Graphit, Russ, die mit Theer oder sonstigen Bindemitteln zu einem Brei verarbeitet und zu Fäden geformt werden. Nur eine Fabrik hat neuerdings Versuche angestellt, den Glühfaden aus Mineralsalzen der seltenen Erden darzustellen, doch ist mir nicht bekannt, ob dieses Verfahren sich allgemein bewährt hat, es ist dies die Fabrik der Herren Langhans & Co. in Berlin.

Die Contacte an den Glühlampen stellt man noch heute in vielen Fabriken aus Messing und Gyps her; neuerdings jedoch nimmt man auch gerne Contacte, deren Metalltheile durch Glas (Vitrit) von einander isolirt sind. Dieselben eignen sich vorzüglich für die Benutzung der Lampen in feuchten Räumen. Es liegt in der Natur des Materials, dass eine Anzahl der Contacte beim Verarbeiten zerspringt, doch ist dies nicht erheblich. Die sonstigen kleinen Nebenmaterialien, welche man in der Lampenfabrication gebraucht, will ich hier nicht näher aufführen, sondern dieselben mit ihren Eigenschaften und den Anforderungen, denen sie zu genügen haben, bei den verschiedenen Arbeiten selbst besprechen.

II. Die Herstellung der Glühlampen.

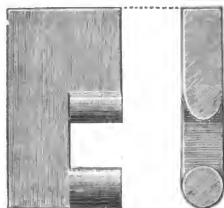
Ehe ich dazu übergehe, die einzelnen Stadien, welche die Glühlampe bei ihrer Herstellung zu durchlaufen hat, zu beschreiben, will ich im Allgemeinen Einiges über die Einrichtung einer Glühlampenfabrik vorausschicken. Die erste Bedingung für eine solche Fabrik ist Raum, Luft und Licht, demnächst Uebersicht und geeignete Reihenfolge der Räume, sowie strenge, systematische Controle und Aufsicht; wo letztere nicht absolut zur Geltung kommen, wird man nie eine gute Lampe fertig bringen und auch keinen guten Gewinn erzielen. Es ist nicht nur nöthig, dass der Fleiss und die Güte der Arbeit unter steter Aufsicht sich befinden, sondern sehr wesentlich ist es, dass von jeder Abtheilung die gefertigten Stücke eine Centralstelle passiren, in welcher die Anzahl und die gute Beschaffenheit aufs Genaueste controlirt werden; nur die guten Theile werden dann bei der Lohnberechnung berücksichtigt und etwa sich zeigende Mängel sofort abgestellt. Selbstverständlich ist für eine solche Aufsicht auch eine ganz eigenartige Buchführung nothwendig, aus der täglich zu ersehen ist, wie die Fabrikation steht, und welche Vorräthe an Rohmaterialien und ertigen Halb-, respective Ganzfabrikaten vorhanden sind.

5. Die Bearbeitung des Fadenmaterials.

Je nach der Beschaffenheit des Materials richtet sich naturgemäss auch dessen Bearbeitung. Erste Bedingung ist: Herstellung eines in seiner ganzen Länge gleichmässig starken und gleichmässig festen Fadens. Wo man Gelatine oder Collodium anwendet, wird der Teig zunächst in flache Schichten ausgewalzt, die man dann mit einem Messer in geeignet schmale Streifen schneidet. Man erhält hierdurch viereckigen Querschnitt. Bei Verwendung der Baumwollenfaser sind kleine Walzen aus Marmor in Gebrauch, welche ein ganz gleichmässiges Caliber erzeugen. Die Herstellung dieser Walzen ist bei der Feinheit des Fadens natürlich sehr schwierig, sie nutzen sich schnell ab und müssen oft erneuert werden. Einen viereckigen Querschnitt haben auch die Fäden aus Bambus, welche durch Spalten des Holzes gewonnen werden. Sehr viele Fabriken wenden runde Fäden an, die man durch Zieheisen auf die erforderliche Stärke bringt. Diese Eisen nutzen sich jedoch sehr schnell ab, sie müssen sehr bald erneuert werden. Verhältnissmässig leicht ist der dreieckige Querschnitt herzustellen, den man am leichtesten bei Anwendung von Messern mit entsprechenden Rinnen erhält. Bei allen den aufgeführten Herstellungsmethoden ist die Entfernung aller Marktheile oder sonstiger Ungleichmässigkeiten in der Structur erste Bedingung. Jeder Faden muss auf seine Stärke vor dem Verkohlen mit einem Mikrometermasse genau untersucht sein. Man nimmt hierzu die kleinen Apparate, welche die Uhrmacher zum Messen der Räderwellen und Zapfen haben, welche noch Hundertstel-Millimeter genau angeben.

Je nach der Art des Materials zieht man die Fäden in Längen für ein bis vier und mehr Lampen, schneidet die Stücke in passende Längen und trocknet sie, falls sie beim Ziehen angefeuchtet worden sind. Diese Stücke werden mit Hilfe eines heissen Eisens entweder einmal in Form eines Bügels oder zweimal in Form einer Schleife gebogen. Die Art der Biegung ist für die Haltbarkeit bei richtiger Ausführung nicht von Belang. Bis zu 120 Volts genügt eine Biegung, bei Lampen für 150 Volts, wie sie de Kohtinsky fertigt, muss man die

Fig. 7.



Schleife anwenden, weil die Lampe sonst eine unbequeme Länge erhalten würde. Auch das Glühen der Holzfasern ist leichter bei einfacher Biegung. Fäden mit Schleife pflegt man auf ein Stück Coaks wie in Fig. 7 in grösserer Anzahl aufzuwickeln, damit die Schleifen in ihrer Form erhalten bleiben.

6. Das Verkohlen der Fasern.

Die in die gewünschte Form gebogenen Fäden packt man zu 300 bis 500 Stück in eine Muffel aus Chamotte oder in einen feuerfesten hessischen Tiegel; indem man jede Lage Fäden mit Kohlenstaub oder Graphit bedeckt, füllt man den Tiegel völlig an, giebt ihm einen Deckel aus gleichem Material wie der Tiegel und verschmiert die Fugen sorgfältig. Ist der Thon getrocknet, so werden ein bis zwei solcher Tigel in den Glühofen gebracht, und darin etwa fünf Stunden lang einer möglichst hohen Temperatur von 1000 bis

1200° C. ausgesetzt. Es ist für die Güte des Fadens sehr wichtig, dass die Temperatur möglichst hoch und gleichmässig erhalten wird; je höher, desto besser. Früher hatte man für diesen Zweck einfache Herde aus Backstein, welche mit Coaks beschickt wurden, während man jetzt complicirte Glühöfen mit Gasfeuerung anwendet, bei denen eine Regulirung der Hitze durch Ventile und Klappen in der Gasleitung und in den Luftcanälen möglich ist. Ist der Glühofen völlig erkaltet, so nimmt man die Tiegel heraus und schüttet den Inhalt aus. Die Fäden sind jedoch noch mit kleinen anhängenden Kohlenpartikelchen verunreinigt, die man leicht auf einer Trommel, wie man sie bei der Infanterie benutzt, abklopfen kann. Bis zu diesem Stadium der Fabrikation unterscheiden sich die Fäden für die verschiedenen Lampen nur durch ihren Querschnitt und ihre Länge. Für Lampen von 8 bis 32 Kerzen und 50 bis 120 Volts, Sorten, die ja am meisten gebraucht werden, kommt man mit etwa sechs bis acht Sorten aus. Erst in der nächsten Station, in welcher der Widerstand der Fäden regulirt wird, erhält jede Lampensorte einen anderen Widerstand. Die Sorten verschiedener Fäden mehren sich hierdurch derart, dass man gut thut, täglich nur ein bis drei Sorten zu fertigen, und nicht die Kräfte durch Herstellung der verschiedensten Sorten an einem Tage zu zersplittern.

7. Die Regulirung des Widerstandes (Präpariren).

Eine gute Präparatur ist die Seele einer guten Fabrikation. Wer dies nicht recht gründlich versteht, der wird niemals eine gute haltbare Lampe erzeugen. Ehe man in der Fabrikation der Lampen hinreichende

Erfahrung hatte, verfuhr man in folgender höchst primitiver Weise, die ich hier nicht etwa anführe, weil sie heute noch massgebend ist, sondern weil sie Vielen sehr lehrreich sein wird, worauf es bei einer Glühlampe besonders ankommt.

Der rohe verkohlte Faden wurde in üblicher Weise in die Ballons eingefügt und die Lampen nun auf den Pumpen evacuirt. Sobald man ein gewisses Vacuum erzeugt hatte, liess man Kohlenwasserstoffgas in die Lampen aus einem mit den Pumpen verbundenen Glasgefäss. Hierauf wurde der Faden zum Glühen gebracht und dadurch ein Niederschlag von Kohlenstoff auf dem Faden erzeugt. Mit Hilfe eines Voltmeters und einer Normallampe taxirte man, ob der Niederschlag genügend stark war. Hierdurch erzeugte man unzweifelhaft einen Faden, der an sich gar nicht schlecht war, aber — die Lampen waren nichts, gar nichts werth. Auf der ganzen Länge des Fadens wurde zwar ein ziemlich gleichmässiger Niederschlag erzeugt, jedoch dicht an der Befestigungsstelle des Fadens mit dem Platindraht glühte er wenig oder gar nicht. Die Folge davon war, dass sich hier kein Niederschlag bildete, der Faden blieb hier schwächer, wurde auch innerlich nicht in seiner Structur fester, mit einem Wort, er hatte hier einen anderen Widerstand, als sonst in seiner ganzen Länge, mithin glühte er hier an einer ganz kleinen kurzen Stelle anders als in seiner übrigen Länge. So lange man nun noch Lampen von 80 bis 100 Watts für 16 Kerzen machte, also dicke Fäden nahm, ging die Sache noch an, aber sobald man ökonomische Lampen von 55 bis 65 Watts machen wollte, kam der grosse und doch scheinbar so kleine Fehler schnell zur Geltung; alle Lampen ohne

alle Ausnahme gingen rettungslos an diesem angeborenen Fehler zugrunde, kein Aussuchen, kein Abhelfen an anderen Orten wollte helfen, die Lampen hielten eben nicht länger als etwa 100 Stunden, dann brachen die Fäden am Knoten ab. Zunächst suchte man die Ursache ausserhalb der Fabrikation, in der Behandlung, beim Betriebe etc., bis man endlich zur Erkenntniss kam, dass die Lampen an dem gedachten Geburtsfehler zugrunde gingen. Es ist eben absolut nothwendig, dass auch das kurze Stück des Fadens in dem Knoten selbst, welcher den Faden mit dem Platindraht verbindet, von gleicher Beschaffenheit ist, wie der Faden in seiner freien Länge, oder man muss auf umständlichem Wege die Enden der Fäden besonders verstärken.

Um mit Sicherheit die Fäden für die verschiedenen Kerzenzahlen und Spannungen herstellen zu können, sind für jedes Fadenmaterial gewisse Vorversuche erforderlich. Man sucht auf empirischem Wege die günstigsten Bedingungen für eine normale Lampe von z. B. 100 Volts und 16 Kerzen zu ermitteln, d. h. es ist durch Versuche festzustellen, welchen Widerstand der Faden haben muss, um bei der gedachten Spannung und Stromstärke normal zu leuchten, ohne dass die Hitze die Lebensdauer beeinträchtigt. Den als richtig erkannten Widerstand erhält man nun, bei gleichem Querschnitt und gleichem Material, durch Niederschlag von Kohlenstoff bei einer gewissen Stromstärke und gewissen Spannung. Die Stromstärke wird sich im Allgemeinen nach der Stärke des Fadens, die Spannung nach seiner Länge und überhaupt seinem Widerstand in verkohltem Zustande richten. Natürlich muss man auch die Haltbarkeit oder, wie man sagt, die „Lebensdauer“ einer solchen Normallampe vorher prüfen,

ehe man dazu übergeht, andere Lampen aus den Constanten der Normallampe abzuleiten. Bezeichnet man mit λ die Leuchtkraft einer genügend haltbaren Lampe, mit δ die Spannung, i die Stromstärke, l die Länge und mit d den Durchmesser des runden Fadens, und besitzt die Lampe die Oekonomie $\eta = \left(\frac{i\delta}{\lambda}\right)$, so berechnet sich nach Strecker eine andere Lampe von gewünschter Helligkeit, Spannung etc. aus nachstehenden Formeln:

$$d_1 = d \sqrt[3]{\left(\frac{\delta \cdot \lambda_1}{\delta \cdot \lambda}\right)^2} \quad \left| \quad l_1 = l \sqrt[3]{\frac{\delta_1^2 \cdot \lambda_1}{\delta^2 \cdot \lambda}} \quad \right| \quad i_1 = i \cdot \frac{\delta}{\delta_1} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda}$$

Verlangt man nun, dass $\frac{i^2}{r^3}$ constant etwa = 800 sei, so hat man, falls die Stromstärke i gegeben ist:

$$d_1 = d \sqrt[3]{\left(\frac{i_1}{i}\right)^2} \quad \left| \quad l_1 = l \frac{\lambda_1}{\lambda} \sqrt[3]{\left(\frac{i}{i_1}\right)^2} \right.$$

$$\delta_1 = \delta \cdot \frac{i}{i_1} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda}$$

Hat man z. B. bei einer Lampe die Constanten wie folgt ermittelt:

$$\eta = 3.0 \quad \text{dann ist } i\delta = 150 \quad d = 0.376 \text{ mm.}$$

$$\delta = 65 \text{ V.} \quad i = \frac{150}{65} = 2.31 \text{ A.}$$

$$\lambda = 50 \text{ N. K.} \quad r = \sqrt[3]{\frac{i^2}{800}} = 0.188$$

$$\frac{65 \text{ V.}}{2.31 \text{ A.}} = 28.2 \Omega \text{ Widerstand warm,}$$

$1.9 \cdot 28.2 = 53.5 \, \Omega$ Widerstand kalt. Ist der spezifische Widerstand des Kohlenmaterials = 29, so hat man

$$l = \frac{w \, \vartheta}{c} = \frac{53.5 \cdot 0.111}{29} = 0.202 \, m.$$

Die spezifischen Widerstände verschiedener Kohlenmaterialien, bei Quecksilber = 1, giebt Uppenborn's Kalender wie folgt an:

Verkohlte Bambusfaser = 62.56

Präparirte Bambusfaser bei $\frac{i^2}{r^3} = 500$ = 50
 $\frac{i^2}{r^3} = 820$ = 29

Unpräparirte Collodiumkohle = 39.9

Präparirte Collodiumkohle bei $\frac{i^2}{r^3} = 1100$. . = 22

Chemische Retortenkohle für starke Fäden . = 7.17

Das letztere wird hauptsächlich für hochkerzige Lampen von niedriger Spannung für Hintereinanderschaltung gebraucht.

Aus diesen Daten und dem vorher ermittelten Schwindmass des Materials kann man nach kurzen Versuchen gut Lampen anderer Constanten erhalten. Das Schwindmass für Bambus ist im Verhältnisse von 100:64. Hat man für alle zu fertigenden Lampensorten die gewünschten Constanten ermittelt, so legt man eine Tabelle an, in welche man alle gewonnenen Daten übersichtlich für den täglichen Gebrauch zusammenstellt. Eine solche Tabelle sollte folgende Angaben enthalten: Volts, Kerzen, Stärke der Fäden: gezogen, carbonisirt, präparirt; Länge der Fäden: gezogen, verkürzt; Länge im Bügel vor dem Präpariren und nach dem Befestigen am Platin; ferner die Widerstände kalt und warm, sowie die Stromstärke. Nach dem Verkohlen pflegen die Fäden nur zwei Drittel so stark zu sein als vorher, und nach

dem Präpariren nehmen sie etwa $\frac{1}{100}$ mm an Stärke zu. Diese Tabelle muss für die verschiedenen Stationen mit verschiedener Anordnung und eventueller Weglassung der für die betreffende Station nicht erforderlichen Angaben aufgestellt werden, damit man schnell alle erwünschten Zahlen finden kann. In nachstehenden Tabellen findet man einige werthvolle Angaben über die gebräuchlichsten Glühlampensorten. Die meisten Fabriken fertigen heute ihre Lampen so an, dass sie 3 bis 4 Watts per Kerze brauchen, während die Swan-Company Lampen zu 3, 4, 5 Watts je nach der verlangten Lebensdauer herstellt.

Im Allgemeinen nimmt man jetzt als Oekonomie einer guten Glühlampe 3·3 Watts an per Kerze und erzielt damit eine Haltbarkeit von 800 bis 1000 Stunden. Verlangt man eine längere Dauer, so ist man genöthigt, die Oekonomie zu verringern, d. h. also die Wattzahl per Kerze zu erhöhen. Dies ist bei billiger Betriebskraft, kurzen Leitungen, und in Anlagen, wo es nicht darauf ankommt, dass die Lampen stets die gleiche Kerzenzahl geben, unter allen Umständen gerechtfertigt. Bei Elektrizitätswerken jedoch, welche eine gewisse Kerzenzahl verbürgen, ist man genöthigt, schon etwa nach 600 Stunden die Lampen zu wechseln, weil die Helligkeit bei längerer Benutzung über diese Zeit hinaus sehr schnell abnimmt. Oekonomie und Lebensdauer stehen also im Gegensatze zu einander. Je mehr man einen Kohlenfaden beim Brennen der Lampen in Anspruch nimmt, um so eher geht er zugrunde. Man hat für den Zusammenhang dieser beiden Grössen noch kein allgemein giltiges Gesetz gefunden, sondern man ist hierin rein auf Versuche angewiesen, die in einem späteren Abschnitt besprochen

werden sollen. Diese Andeutungen dürften genügen, um von den in Rücksicht zu ziehenden Umständen und Anforderungen ein Bild zu geben. Es wäre zwecklos, hier an einem bestimmten System und bestimmten Material ganz genaue Zahlen zu geben, da jede Faser und jedes System andere Zahlenwerthe für die Constanten der Fäden, respective der fertigen Lampen erfordert. Es kann ja auch nicht Zweck dieses Buches sein, durch äusserste Ausführlichkeit jedem selbstständigen Denken abhelfen zu wollen, sondern es soll nur dem Denkenden eine allgemein verständliche Anleitung geben, welche Umstände in der Fabrikation mitwirken und zu berücksichtigen sind. Es genügt zu wissen, dass man zum Aufschlagen des Kohlenstoffes für Lampen von 8 bis 32 Kerzen und 50 bis 120 Volts mit einer Stromstärke von 1 bis 3 Ampères und einer Spannung von bis zu 250 Volts arbeiten muss. Die Dauer des Kohlenaufschlages wird darnach bemessen, dass die erforderliche Anzahl Watts den Faden passirt, um den als richtig ermittelten Widerstand zu erhalten. Wollte man mit derselben Spannung arbeiten, für welche die Lampe bestimmt ist, so würde man nicht einen in so hohem Grade widerstandsfähigen Faden erhalten, oder viele Fäden würden durch zu langes Glühen zugrunde gehen.

Letzteres ist überhaupt ein wunder Punkt in der ganzen Glühlampenfabrikation: der hohe Ausschuss in allen Stationen. So hat man von den im Ofen verkohlten Fäden beim Präpariren unter Umständen bis 75 Procent Ausschuss. Von den gut präparirten Fäden gehen wieder beim Befestigen und später beim Einschmelzen in die Lampen noch eine Menge zugrunde, so dass man für die Herstellung einer Lampe etwa zwei Fäden

rechnen muss. Für eine geordnete Fabrikation ist also vor allen Dingen bei aller Arbeit Vorsicht und äusserste Sparsamkeit nöthig.

Die besonderen Einrichtungen zum Präpariren richten sich zunächst nach dem Kohlenwasserstoff, aus welchem man den Kohlenniederschlag zu erzeugen beabsichtigt. Man nimmt hierzu ziemlich allgemein gereinigtes Leuchtgas; einzelne Fabriken präpariren auch zweimal, zunächst in Gas und dann in Benzin, andere wieder in Petroleum oder sonstigen flüssigen oder festen Kohlenwasserstoffen, wie Naphthalin oder Parafin. Das Gas bleibt aber immer das bequemste Mittel, es ist überall fertig zu haben und leicht zu reinigen und giebt vor allen Dingen auf dem Faden in seiner ganzen Länge einen höchst gleichmässigen Niederschlag, und dies ist schliesslich die Hauptsache. Die flüssigen Kohlenwasserstoffe erzeugen schwere Dämpfe, die langsam am Faden emporsteigen und oben stärkeren Niederschlag erzeugen als unten, in noch höherem Maasse ist dies der Fall bei den festen Kohlenwasserstoffen.

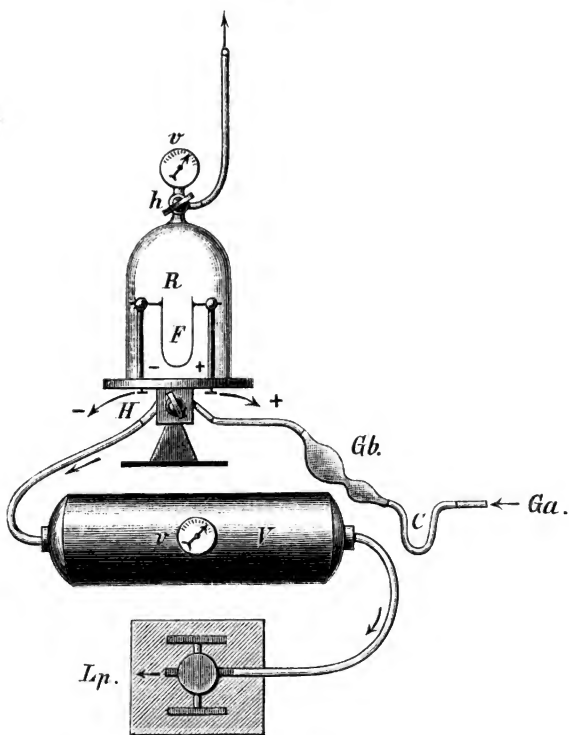
Die Vorrichtungen für den gedachten Zweck sind theilweise patentirt, meist jedoch Geheimniss der einzelnen Fabriken. Die Einrichtungen müssen ferner je nach dem Umfange der Fabrikation verschieden sein. Eine Fabrik, die täglich 1000 fertige Lampen erzeugt, kann noch mit Apparaten auskommen, die von Hand bedient werden und jeden Faden einzeln behandeln, während bei der doppelten Fabrikationsmenge schon automatische Apparate nothwendig werden, welche in kurzer Aufeinanderfolge mehrere Fäden verarbeiten, respective zugleich in sich aufnehmen. Bei Anwendung von Gas können die Fäden, fest eingeklemmt, in Ruhe

sich befinden, während bei Gebrauch der sonst genannten Kohlenwasserstoffe ein stetes Bewegen des Fadens in der flüssigen Masse nothwendig wird, damit man einen völlig gleichmässigen Niederschlag erzielt.

Es ist ferner sehr wichtig, dass die verkohlten Fäden bis zu ihrer Präparatur trocken erhalten werden. Kohle ist wie bekannt sehr hygroskopisch; auch das Gas muss durch Chlorcalcium zuvor getrocknet sein, anderenfalls werden die Fäden bei der momentanen starken Glut zerspalten.

Nachdem wir nun gesehen haben, worauf es beim Präpariren hauptsächlich ankommt, sollen die näheren Einrichtungen beschrieben werden, welche man im Allgemeinen für das Präpariren mit Gas anwendet. Zunächst bedarf man einer Dynamomaschine von 250 Volts und etwa 10 Ampères für die Herstellung von 1000 Stück Fäden pro Tag. Die Maschine muss in der Spannung in sehr weiten Grenzen regulirbar sein, da die Fäden ja sehr verschieden lang sind und also auch sehr verschiedener Spannung bedürfen. Man nimmt hierzu am einfachsten eine Compound-Dynamo, in deren Nebenschlusswicklung man einen Regulirwiderstand schaltet. Da das Gas nicht in seiner concentrirten Form und auch ohne Beimischung von atmosphärischer Luft angewendet werden muss, so ist eine Luftpumpe nöthig, welche die Recipienten für das Präpariren evacuirt. Für diesen Zweck eignen sich ganz vorzüglich die von Ernecke in Berlin gebauten Luftpumpen (doppelt wirkende Bianchi-Pumpe), welche selbst nach längerem beständigen Gebrauch noch bis zu 3 mm Quecksilberdruck Vacuum erzeugen, während die besten grossen Maschinen-Luftpumpen kaum mehr als 10 mm

Fig. 8.



ergeben. Die Pumpe arbeitet auf einen grösseren Behälter etwa von 1 bis 2 m^3 Inhalt, mit welchem die kleinen Präparirapparate verbunden sind. Fig. 8 giebt eine Ansicht dieser Einrichtungen. In dem Recipienten, der unten auf einer Glasplatte luftdicht aufsteht, ist ein

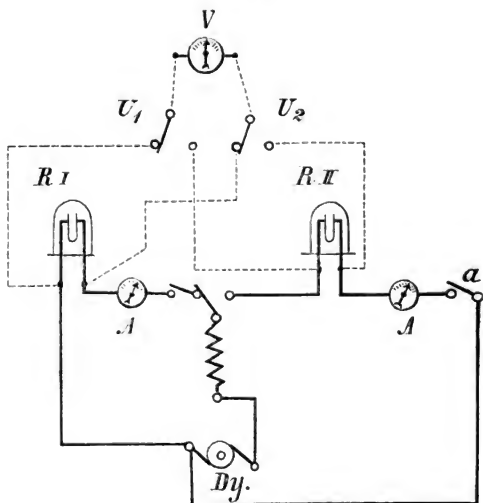
kleiner Galgen mit Klemmen, um die Fäden einzuspannen. Die Säulen gehen durch die Glasplatte luftdicht hindurch, haben aussen Klemmschrauben und sind mit der Dynamo verbunden.

Es mag an dieser Stelle gleich erwähnt werden, dass man in einer Glühlampenfabrik einer grossen Anzahl der verschiedensten Messinstrumente, wie Volt- und Ampèremeter, Spiegel- und Torsionsgalvanometer, sowie einer grossen Menge Widerstände bedarf, so dass man für eine geordnete Fabrik in diesen Apparaten durchaus nicht sparen darf. Fast jede Station braucht einige Voltmeter, die jedoch ganz verschiedenen Zwecken dienen und in Folge dessen auch ganz verschieden construirt sein müssen. Desgleichen bedarf man der verschiedensten Dynamos, eine für die Beleuchtung der Fabrik für etwa 150 Lampen, eine andere zum Laden von Accumulatoren für circa 150 Volts und 40 Ampères. Die Pumpstation braucht etwa zwei Dynamos für 65 und 200 Volts bei 200 Ampères; für alle diese Dynamos sind natürlich auch Messinstrumente und Regulirwiderstände nöthig. Es empfiehlt sich, für die Photometer eine besondere Dynamo für circa 150 Volts, die etwa auch zum Laden zu brauchen ist oder als Reserve mit dienen kann, aufzustellen, doch muss diese Dynamo stets mit einer Anzahl Lampen belastet sein, damit beim Photometrieren keine Schwankungen eintreten, welche das Ablesen erschweren würden.

Beim Präpariren von Hand bedienen am besten zwei Mann die Apparate. Der eine handhabt den Recipienten mit dem Faden, der andere regulirt unter Beobachtung des Voltmeters den vorgeschalteten Wider-

stand. Sobald der Ampèremeter die nöthige Stromstärke zeigt, schaltet der Mann am Recipienten aus. Um schnell zu arbeiten, ist eine Umschaltung vorhanden, so dass der eine Mann am Voltmeter mindestens drei Apparate bedienen kann. Die soeben beschriebenen Handhabungen

Fig. 9.



gehen so schnell, dass für einen Faden etwa im Ganzen eine Minute genügt, während der Kohlenaufschlag nur einige Secunden in Anspruch nimmt. Fig. 9 zeigt die Schaltung für zwei Apparate mit den Messinstrumenten, Widerstand und Ausschalter. Da nur äusserst wenig Zeit für den Durchgang des Stromes nöthig ist, muss sehr gut aufgepasst werden, der Ausschalter muss so

eingerrichtet sein, dass ein plötzliches Ausschalten leicht möglich ist. Es eignen sich hierzu alle kleinen Umschalter, welche durch eine Feder in ihrer geschlossenen Stellung festgehalten werden, wie z. B. die Construction von Edison. Bei Anwendung automatischer Apparate muss die Ausschaltung in dem Moment geschehen, wo die nöthige Wattzahl den Faden passirt hat. Diese Apparate arbeiten naturgemäss viel genauer, als die Ausschaltung von Hand es überhaupt bewirken kann, so dass die Lampen sehr genau in der Spannung ausfallen; man muss jedoch entweder eine grössere Zahl solcher Apparate für die verschiedenen Fäden haben, oder die Apparate müssen in weiten Grenzen veränderlich sein, so dass die Einrichtung ziemlich complicirt und kostspielig ist. Für eine gute Ventilation des Raumes, sowie für sichere Entfernung der Gase aus den Recipienten als auch aus dem Reservoir, respective der Pumpe muss von vorneherein Sorge getragen werden.

Zu diesem Zwecke ist nicht allein ein Ventilator, der von dem Vorgelege, welches die Luftpumpe treibt, mit angetrieben werden kann, erforderlich, sondern auch alle ausgestossenen Gase der Apparate müssen durch ein besonderes Rohr direct ins Freie geleitet werden. Damit das Gas schnell und leicht in die Recipienten gelangt, pflegt man zwischen Gasleitung und letzteren ein Gebläse anzubringen, welches gestattet, in kürzester Zeit die im Recipienten befindliche Luft durch Gas zu verdrängen; vor dem Gebläse ist ein gekrümmtes Chlorcalciumrohr eingeschaltet, welches die Feuchtigkeit des Gases zuvor absorhirt. Der Cylinder der Luftpumpe ist durch Wassercirculation zu kühlen.

Es empfiehlt sich, im selben Raum ein Spiegelgalvanometer zum Messen der Widerstände der Fäden aufzustellen, da diese Messungen während des Präparirens die einzige Controle bilden, ob alle Fäden gleichmässig ausfallen und ob sie kalt den nach Versuchen als richtig gefundenen Widerstand haben. Die Präparatur bildet also ein ganzes Laboratorium für sich, in dem man nur geschickte, intelligente Leute verwenden kann.

Endlich ist dieses kleine feine Ding, der Kohlenfaden, zur weiteren Verarbeitung zu einer Glühlampe fertig, nachdem, wie wir gesehen haben, er durch drei verschiedene Stationen gewandert ist. Die fertigen Fäden werden nach Spannung und Kerzenzahl, zu welchen sie bestimmt sind, sorgfältig geordnet und kommen nun in einen anderen Raum, in welchem sie mit den Drähten verbunden werden.

8. Die Befestigung der Fäden.

Das Verfahren sowohl als auch die Constructions-theile für die Verbindung der Kohlenfäden mit den Platindrähten haben sich im Laufe der Jahre mit den Fortschritten in der Fabrikation ganz geändert. Es spielen ja in allen Theilen bei dieser eigenartigen Fabrikation so minimale Grössen und Kräfte eine Rolle, dass man in vielen Punkten lange Jahre gebraucht hat, bis man alle Ursachen und deren Wirkungen bei vorkommenden Mängeln genau erkannte, und auch heute noch möchte ich behaupten, dass ein denkender Fabrikant noch viele Jahre brauchen wird, ehe er zu einem gewissen Abschluss und unabänderlichen Normen gelangt ist. Die Glühlampe erfordert eben wie alles Neue ein Jahre hindurch mit Fleiss fortgesetztes Studium

und damit Hand in Hand gehende Verbesserung. Wie Vieles auf diesem Gebiete noch zu ergründen und zu verbessern ist, habe ich gelegentlich in verschiedenen kleinen Abhandlungen im „Centralblatt für Elektrotechnik“ 1888/89 gezeigt.

Zunächst befestigte Edison seine Fäden auf galvanoplastischem Wege, indem er den Faden am Ende breit gestaltete, ihn zwischen am Ende flachgeklopften Kupferdraht einklemmte und darauf Kupfer niederschlug, wie ich dies in der „Elektrotechnischen Rundschau“ 1884 genauer mit Zeichnungen erläutert habe. Edison war damals nämlich der Ansicht, dass nur der Faden gut hielte, welcher vor dem Befestigen nicht präparirt sei, er war also, um das früher schon geschilderte Brechen der Fäden zu verhindern, genöthigt, den Faden am Ende sehr kräftig zu machen und ausgezeichnet zu befestigen. Mit der Zeit, und zwar mit der Verbesserung der Quecksilberluftpumpen und so auch mit der Verbesserung des Vacuums, fand man jedoch, dass dieser galvanoplastische Niederschlag Luft enthält, die man durch kein Mittel ganz entfernen kann, weil der Knoten eben nicht zum Glühen in der Lampe zu bringen ist, ohne den Faden selbst zu gefährden. Man sann also auf ein Mittel, welches zwar ebensogut die Verbindung herstellt, jedoch den beregten Uebelstand gar nicht oder doch in geringerem Masse besitzt.

Um diesen Zweck zu erreichen, hat man hauptsächlich zwei Wege eingeschlagen: Zunächst verstärkte man die Fäden an den Enden durch Aufschlagen von Kohlenstoff, indem man nur die Enden in einem verdünnten Gase zum Glühen brachte. Diese verstärkten Enden wurden in die röhrenförmig gestalteten Enden

der Platindrähte gesteckt, festgeklemmt und abermals mit Kohlenstoffniederschlag versehen. Diese Befestigungsweise ist zwar gar nicht schlecht, aber sie ist umständlich und mithin kostspielig. In einer Fabrikation, wo sich, wie hier, die Herstellungskosten der einzelnen Theile aus Pfennigen oder gar deren Bruchtheilen zusammensetzen, soll man vor Allem auch darnach streben, so billig wie möglich zu arbeiten, ohne dass natürlich die Güte des Fabrikates darunter leidet. Neuerdings befestigt man den Kohlenfaden einfach durch einen Kitt, den man feucht als kleinen Knoten aufträgt. Die Bestandtheile dieses Kittes sind je nach Zweck und System verschieden, im Allgemeinen nimmt man jedoch hauptsächlich Kohlenstoff und irgend ein Bindemittel, welches dem Kitt, wie z. B. Zucker, etwas Klebkraft giebt. Die Stärke des Knotens richtet sich ganz nach der Stromstärke der Lampe, damit der Knoten beim Brennen der Lampe keinesfalls in's Glühen kommt. Dieses öfter vorkommende Glühen der Knoten ist sogar ein sicheres Zeichen, dass der Faden in dem Knoten nicht festsitzt. Man findet gar bald heraus, dass alle Lampen, bei denen die Fäden allmählich nach dem Knoten zu aufhören zu glühen, am besten in Bezug auf Haltbarkeit des Fadens sind. Sehr wichtig ist es nach dem weiter oben Gesagten natürlich auch, dass der Kitt vor der weiteren Verarbeitung der Fäden gut getrocknet wird. In der Fadenaufsetzerei hat man dazu besondere Trockenöfen aufgestellt, in welchen die Lampenfüsse mit den aufgesetzten Fäden in Reihen auf Blechen sortirt liegen. Solcher Bleche schiebt man bis 50 in einen von unten durch Gas mässig erhitzten Trockenofen. Zwei mässig grosse Oefen genügen für 1000 Stück Fäden pro Tag,

da man in einem Ofen von circa 80 *cm* Höhe, 50 *cm* Breite und 30 *cm* Tiefe eine sehr grosse Menge Füsse trocknen kann. Der Trockenprocess soll mehrere Stunden fortgesetzt werden, damit auch jede Spur von Feuchtigkeit ausgetrieben wird. Am schnellsten geht der Trockenprocess vor sich, wenn man für gute Circulation der Luft sorgt, so dass die wärmere Luft von unten aufsteigend über alle Bleche hinstreicht und oben wieder austritt.

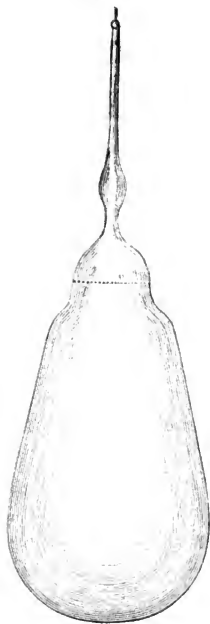
Dieses „Aufsetzen“ der Fäden auf die „Lampenfüsse“ erfordert eine sehr ruhige und geschickte Hand. Zittern der Hände verursacht leicht zu häufiges Brechen der Fäden, man nimmt daher für die so feine Arbeit vielfach weibliche Arbeiter. Die aus der Präparatur gelieferten Fäden sind zunächst noch etwas zu lang, jeder Arbeiter hat daher vor sich ein Stichmass, nach welchem er den Faden auf die erforderliche Länge verkürzen muss. Da die Fäden jedoch durch die Präparatur eine relativ sehr hohe Festigkeit erhalten haben, so muss das Verkürzen entweder mit einem Messer oder mit einer kleinen Zange gemacht werden; sehr dünne Fäden bricht man wohl auch auf der Kante des Stichmasses ab, das für diesen Zweck aus einem kleinen Klotz mit einer Nadel besteht, die man je nach Länge des Fadens versetzen kann. Der Faden ist nun zum Einbringen in die Ballons fertig, wir wenden uns daher zu einem neuen Capitel, das sind:

9. Die Glasbläserarbeiten.

Die Arbeiten der Glasbläserei zerfallen in verschiedene Abtheilungen, die Arbeitstheilung ist hier aufs äusserste getrieben, um schnell und sicher zu arbeiten. Zunächst

betrachten wir die Anfertigung der Ballons. Ehe wir jedoch dazu übergehen, will ich nur im Allgemeinen bemerken, dass ein Glasbläser nur solche Formen oder Gegenstände eben fertigen kann, welche ein Hineinblasen

Fig. 10.



oder Anblasen einzelner Theile gestatten, eine Arbeit, die sich vom Löthen des Klempners gar wesentlich unterscheidet. Für die oft hier schon genannten gangbaren Lampensorten fertigt man im Allgemeinen nur drei Grössen von Glasballons, abgesehen von denjenigen für hochkerzige Lampen, welche grössere Dimensionen erfordern. Die Ballons werden entweder von Hand aus Glasrohren geblasen oder in besonderen Fabriken auf kleinen drehbankartigen Maschinen ganz gleichmässig symmetrisch hergestellt. Die erste Abtheilung der Bläser stellt auf die bekannte Weise zunächst birnförmige Ballons mit einem langen, dünnen Rohre an einem Ende her, etwa wie es Fig. 10 zeigt. Die zweite Abtheilung schneidet die Platindrähte in

passende Stücke und umwickelt diese mit dem speciellen Bleiglas. Eine dritte Abtheilung setzt die so eingewickelten Drähte in die Ballons ein, verschmilzt sie luftdicht und sprengt die „Füsse“ ab, welche nach der Fadenaufsetzerei wandern. Damit die Füsse nachher auch wieder mit

denselben Ballons zusammen verarbeitet werden, müssen sie numerirt oder auf mit Nummern versehene Bretter in Löcher gesteckt werden.

Fig. 11 zeigt den abgesprengten Fuss mit den eingeschmolzenen Platindrähten, sowie das angeblasene Rohr, welches dazu dient, die Lampe später luftdicht an den Pumpen zu befestigen. Der Lampenfuss mit dem Faden wird nun mit dem zugehörigen Ballon durch Zusammenschmelzen vereinigt, indem die Ränder beider Theile ganz genau zusammengehalten und bis zur Rothgluth erhitzt werden, so dass sie sich durch Stauchen und Hineinblasen luftdicht vereinigen. Die Lampe ist nun für das Evacuiren fertig.

Fig. 11.



Ausser den hier erwähnten Arbeiten fallen jedoch noch mancherlei andere der Glasbläserei zu. Hierher gehört vor allen Dingen das Zuschmelzen der von den Pumpen abgezogenen Lampen. Die auf den Pumpen völlig evacuirten Lampen werden dadurch abgenommen, dass man mit einer Stichflamme das dünne Rohr erwärmt und dabei in die Länge zieht, der äussere Luftdruck schliesst dann das Rohr, und die Lampe endigt in eine ganz feine Spitze, die jedoch für die fernere Verarbeitung noch viel zu lang ist. In diesem Zustande kommen die Lampen aus der Pumpstation wieder in die Glasbläserei und werden hier von den geschicktesten Arbeitern noch einmal mit ganz kurzer runder Spitze zugeschmolzen.

Nicht minder wichtig und oft sehr zeitraubend ist die Herstellung der Rohre mit den „Schliffen“ für das Aufsetzen der Lampen auf die Pumpen. Je nach der

Grösse der Ballons schmilzt man entweder die Lampen zu vieren über kreuz auf ein Rohr mit einem Schliff, oder man nimmt ein längeres Rohr, an welchem bis zu zehn Schliffen sitzen. In jeden kleinen Tubus des Rohres passt ein genau zugeschliffener Stöpsel, mit dessen kurzem Rohr das Rohr einer Lampe vereinigt wird. Die Fig. 12 und 13 geben eine Ansicht von diesen Vorkehrungen.

Fig. 12.

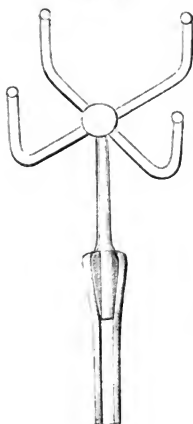
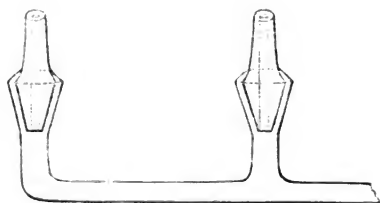


Fig. 13.



Der Glasbläserei fällt auch die Anfertigung und Reparatur der Quecksilberluftpumpen zu, welche nur von sehr geübten und erfahrenen Leuten übernommen werden kann. Je nach dem System, welches man verwendet, sind die Reparaturen mehr oder weniger häufig und kostspielig. Am meisten kommen Brüche bei den Sprengelpumpen vor, deren Einrichtung wir später kennen lernen werden. Am wenigsten Mühe und Reparaturen erfordert die Töpler'sche Pumpe.

Zu allen diesen mannigfachen Glasbläserarbeiten sind grössere Blastische nöthig. Dieselben haben unten, je nach der Arbeit, für welche sie bestimmt sind, ein bis zwei Balgen und oben ein doppeltes Rohr, das concentrisch gelagert innen das Luftgebläse und darum das Gasrohr trägt. Für Herstellung von 1000 Stück pro Tag und alle Nebenarbeiten sind etwa 50 Blastische erforderlich. Wenn man die Ballons aus Glasfabriken kauft, so kommt man wohl auch mit 30 Arbeitern aus, es ist jedoch meist billiger, die Ballons selbst herzustellen, besonders bei Verwendung von Mädchen. Es ist sogar aus mancherlei Gründen vorzuziehen, weibliche Arbeiter aus den Familien der Glasbläser in Thüringen etc. zu verwenden.

Die Glasbläserei erfordert nächst der Pumpstation einen bedeutenden Raum, der wegen der grossen Anzahl von Flammen und Leuten eine ausgezeichnete Ventilation bedarf, da die Wärmeentwicklung besonders im Sommer sehr lästig und störend auf die Arbeit einwirkt. Die Räume sollen also hinreichend Platz für die Blastische und sonstigen Arbeitsgeräte bieten, hoch und luftig sein, ohne im Winter schädliche Zugluft zu erzeugen. Es ist auch eine Anzahl grösserer Tische und Regale vorzusehen, auf welchen die halbfertigen Waaren übersichtlich geordnet lagern können, bis sie zur Ablieferung kommen. Jeder Mangel an Raum oder geeigneten Tischen etc. macht sich sofort durch hohen Ausschuss sehr unliebsam bemerkbar. Wer also seine Fabrik möglichst geräumig und übersichtlich herstellt, wird entsprechend besser dabei fahren, als wenn man mit dem Raume geizt. Es ist nichts hinderlicher als Raummangel. Die Art der Erzeugnisse gestattet nicht ein Aufstapeln in grossen Mengen ohne alle Vorkehrungen gegen Bruch.

Raummangel ist die Wurzel alles Uebels bei einer Glühlampenfabrik und verleitet die Arbeiter leicht zur Unordnung und Unsauberheit. Ehe wir nun dazu kommen, das Auspumpen der Lampen kennen zu lernen, will ich zunächst Einiges über die Einrichtung der Pumpen und der Pumpstation vorausschicken.

10. Die Pumpstation.

Bei der grossen Zahl von Quecksilberluftpumpen, welche man erfunden hat, kann ich nur das Nothwendigste hierüber anführen.

Es würde den Rahmen dieses Buches bei weitem überschreiten, wenn ich eine ausführliche Beschreibung der zahlreichen Constructionen von Luftpumpen geben wollte, ich will mich daher hier auf wenige, aber bewährte Einrichtungen beschränken und verweise für Alle, welche sich hierüber sehr eingehend informiren wollen, auf die classische Arbeit des Herrn Professors Silvanus P. Thompson in London, „The development of the mercurial air-pump“, Journal of the Society of Arts, auch als Sonderabdruck bei Spon, London erschienen. Auch im „Centralblatt für Elektrotechnik“, München 1889, habe ich Einiges veröffentlicht, das hierauf Bezug hat.

Der Erste, welcher ein Vacuum durch Quecksilber erzeugte, war 1643 Torricelli, gelegentlich der Herstellung seines Barometers. Es folgte dann eine Menge verschiedener Constructionen, bis 1855 Dr. Geisler in Bonn seine so bekannt gewordene Pumpe herausbrachte, welche unter verschiedenen Verbesserungen noch bis in die neueste Zeit hinein auch in der Glühlampenfabrikation in Gebrauch war. Ich will jedoch davon absehen, hier in Bild und Beschreibung derselben zu gedenken, da sie

heute von neueren Constructionen bereits überholt worden ist. Gerade die Lampenfabrikation und mit ihr die hohen Anforderungen, welche dieselbe an ein gutes Vacuum stellt, haben die Verbesserungen gezeitigt, welche es möglich machen, auf den hundertsten Theil eines Millionstels einer Atmosphäre nicht nur zu evacuiren, sondern auch zugleich diesen so unendlich geringen Druck zu messen.

Professor Sylvanus P. Thompson theilt die verschiedenen Quecksilber-Luftpumpen in die folgenden sechs Classen:

I. Pumpen, welche die Luft in einem Barometerrohr aufwärts treiben.

II. Pumpen, welche die Luft in einem Barometerrohr abwärts treiben.

III. Pumpen, welche die Luft in einem Barometerrohr aufwärts und in einem anderen abwärts treiben.

IV. Combinirte Pumpen.

V. Ejectionspumpen, deren Wirkung auf dem fallenden Quecksilberstrahl beruht.

VI. Mechanische Quecksilberpumpen.

Unter den drei ersten Classen kann man wieder noch „verkürzte“ Pumpen unterscheiden. Um wenigstens einen Begriff davon zu geben, wie zahlreiche die ersonnenen Constructionen sind, will ich nachstehend die hauptsächlichsten Typen jeder Classe kurz nennen. Es gehören zu

I. Die Pumpen von Swedenborg 1722, Baaden 1784 und 1828, Hindenburg 1787, Edelcrantz 1804, Kemp 1830, Geissler 1858, Joule 1873/74, Mitscherlich 1873, Rankin Kennedy 1881, Lane-Fox 1884 u. A.

II. Sprengel 1865, Gimingham 1875 bis 1884, Rood 1880, Edison 1885, Nicol etc.

III. Mile 1828, Töpler 1877, Siemens 1884, Swinburne 1887, Neesen, Clerc, Weston.

IV. Edison wie Bottomley versuchten eine Combination zwischen Geissler's und Sprengel's Pumpe.

V. Cavarra und Plateau 1843, v. Feilitzsch.

VI. Wimshurst, Pflüger, Southby sowie die rotirenden Pumpen nach Art der Centrifugalpumpen.

Von all diesen zahlreichen Constructionen haben bis jetzt diejenigen der Classe III die meiste Anwendung gefunden, demnächst die der Classe II und hiervon hauptsächlich die Pumpen von Edison und Sprengel. Es ist erstaunlich, fährt Professor Thompson fort, wie Viele zur Verbesserung dieser Luftpumpen beigetragen haben und welch eine Fülle von Einzelheiten hier erfunden wurde. Es leuchtet hier so recht ein, dass Erfindungen meistens „wachsen und nicht gemacht werden“. Man erkennt hier so recht, wie falsch, wie kindisch „die grosse Mann-Theorie“ doch ist, die uns gewöhnlich in der Schule noch immer gelehrt wird. Es mag ja vorkommen, dass ein Erfinder gelegentlich auf eine wichtige Verbesserung verfällt, aber sicherlich ist es höchst selten, dass eine absolute Originalerfindung ganz vollkommen und sofort gebrauchsfähig ist.

Das Bestreben in der Verbesserung der Pumpen erstreckte sich hauptsächlich nach zweierlei Richtungen. Erstens bemühte man sich, die vielen Hähne und Einzeltheile der früheren Constructionen möglichst zu vermeiden, und zweitens war man bestrebt, die Zeit für die Herstellung eines hohen Vacuums möglichst abzukürzen. Letzteres ist zuerst in hohem Masse 1865 Dr. Sprengel gelungen, welcher einen fallenden Quecksilberstrahl zum Evacuiren benutzte. Doch alle diese

Constructions hatten noch nicht die gewünschte Leistungsfähigkeit und Vollkommenheit, bis Gimmingham mehrere Fallrohre für die Sprengel-Pumpe anwendete, diese mit der Geissler'schen Form combinirte und die Messung des Vacuums durch das Manometer von McLeod einführte.

Besonders um die vortheilhafte Gestaltung zahlreicher Details hat sich dann Professor Crooks (der Vater der strahlenden Elektrodenmaterie) verdient gemacht, durch dessen Freundlichkeit ich Gelegenheit hatte, in London seine neuesten Pumpen kennen zu lernen. Es handelte sich bei den Arbeiten dieses Gelehrten besonders darum, den höchsten Grad der Evacuation zu erzeugen, der mit nur allen erdenklichen Vorsichtsmassregeln erhalten werden kann. Weiter unten gebe ich Abbildung und Beschreibung der Pumpe und ihrer sonstigen Einrichtungen, zunächst noch einige Bemerkungen allgemeiner Natur. Bei allen Verbindungen an Luftpumpen muss man zunächst darnach streben, möglichst wenig Verbindungsstellen zu erhalten, dieselben sollen mit allen nur erdenklichen Mitteln absolut luftdicht hergestellt werden; die Anzahl der Hähne oder Ventile ist auf ein Minimum zu beschränken. Staub ist möglichst fern zu halten, und alle Schliffe in der Pumpe sollten mit Quecksilber noch besonders vor Eindringen von Luft geschützt werden. Wo es irgend möglich ist, soll man die Verbindungen durch Verschmelzen der einzelnen Theile herstellen und nur da „Schliffe“ anwenden, wo zu häufiges Lösen der Verbindungen erforderlich ist. Auf die Beschaffenheit, Reinheit des Quecksilbers kommt auch sehr viel an, ebenso auf die Sorgfalt, mit der die Pumpen gefüllt werden. Das Quecksilber oxydirt

sehr leicht bei längerem Gebrauch; es ist aus diesem Grunde auch bis jetzt meist vorgezogen worden, Glasrohre zu den Pumpen anzuwenden, weil dieselben vom Quecksilber nur sehr langsam und in geringem Masse angegriffen werden, während Eisenrohre sehr schnell verschmutzen. Das Quecksilber muss vor dem Gebrauch durch Waschen mit Säuren und Wasser, sowie durch Filtriren von allen Oxyden und fremden Beimischungen befreit werden. Nicht mindere Sorgfalt hat man auf die Vorrichtungen zur Absorption der Feuchtigkeit in den Pumpen und Glasballons der Lampen zu verwenden, zu welchem Zwecke man zwischen Pumpe und Lampen ein Gefäss mit concentrirter Schwefelsäure oder Chlorcalcium einschaltet. Alle vier Wochen sollte man die Pumpen auseinandernehmen und sorgfältig von Oxyden und etwaigem Fett, das zum Dichten der Schliffe dient, reinigen.

Eines sehr wichtigen Momentes will ich hier gleich noch gedenken. Versuche sowohl, als auch der praktische Betrieb der Pumpen haben gezeigt, wie wichtig es ist, dass die Pumpen und alle ihre Theile warm sind. Einmal ist es im Winter sehr wichtig, damit nicht über Nacht, wo die Arbeit ruht, durch den Temperaturwechsel Brüche erfolgen, und dann hat Rood nachgewiesen, dass man mit seiner Sprengel-Pumpe das Vacuum bis auf den 1388. Theil eines Millionstel einer Atmosphäre oder bis auf 0.000002 mm Quecksilberdruck bringen kann, wenn man die Pumpe völlig erhitzt. In der Praxis macht man von dieser Thatsache auch insofern Gebrauch, als man besondere Vorkehrungen trifft, die Lampen während der Evacuation von innen und von aussen zu erwärmen. Die Resultate verschiedener

Gelehrten hat Herr Thompson in seiner oben erwähnten Arbeit übersichtlich zusammengestellt, die ich hier aus derselben wiedergeben will, da sie für die Leistung der verschiedenen Pumpen höchst charakteristisch sind.

Autorität	Bezeichnung der Pumpe	Druck in Millimeter Queck- silber
Crooks	Sprengel, verbessert, Maximum	0·000046
Gimingham	" einfach, 1·1 mm Oeffnung . .	0·00051
"	" fünf Fallrohre	0·000006
Rood	" gewöhnlich	0·000152
"	" nach Rood erhitzt	0·000002
Bessel-Hagen	Alte Geisler bei 25 Hub	0·110
"	Neue " 2 Hähne, 25 Hub durch- schnittlich	0·0085
"	Neue Geissler, 2 Hähne, 25 Hub Maximum	0·0082
"	Alte Töpler nach 5 Hub	0·0075
"	" " " weiteren 5 Hub . .	0·0064
"	Verbesserte Töpler, durchschnittlich . .	0·000012
"	" " Maximum	0·000008

Aus dieser Tabelle geht nun ohneweiters hervor, welche Pumpen die beste Leistung in Bezug auf die Höhe des Vacuums haben. Es sind dies die Sprengel-Pumpe von Gimingham mit fünf Fallrohren, und wenn man von dem sehr heiklen Erhitzen der Pumpen selbst Abstand nimmt, die verbesserte Töpler-Pumpe; erstere giebt 1125, letztere 165 bis 195 Millionstel Druck einer Atmosphäre. Der Unterschied in der Leistung eines guten Vacuums kann für die Verwendung der einen oder der anderen dieser beiden Pumpen nicht massgebend sein,

weil in der Praxis für die Dauer der Lampen der Unterschied in der Leistung doch zu gering ist; es wird vielmehr eine andere Rücksicht hier ausschlaggebend sein. Die Sprengel-Pumpe erlaubt rein maschinellen Betrieb für grosse Massenproduction, während die Töpler-Pumpe mehr oder weniger von Hand bedient werden muss; auch kann bei der Sprengel-Pumpe ein Mann eine ganze Reihe von Pumpen bedienen, während bei der Töpler-Pumpe ein Mann je nach der Einrichtung nur eine bis drei Pumpen zugleich versorgen kann. In Rotterdam sah ich bei Herrn de Khotinsky sogar sämtliche Pumpen in einem Raum von nur einem Manne bedient, was gewiss eine nicht zu unterschätzende Ersparniss bedeutet.

Die Sprengel-Pumpe.

Die ursprüngliche Form der Pumpe mit nur einer Fallröhre hatte eine zu geringe Leistungsfähigkeit, so dass man die Zeit des Evacuierens durch Vermehrung der Anzahl der Fallrohre zu verkürzen suchte. Nach einer Reihe von Versuchen fand Gimingham, dass eine Pumpe mit fünf Fallrohren die besten Resultate ergab; auch ermittelte derselbe die für die Leistung am vortheilhaftesten anzuwendende Länge und Weite der Röhre, alles Umstände, die für den Erfolg sich von grösster Wichtigkeit erwiesen haben. Fig. 14 zeigt diese Pumpe mit allen ihren Verbesserungen. Welchen Einfluss übrigens der innere Durchmesser der Fallrohre hat, zeigt nebenstehende Tabelle von Thompson.

Weite in Millimeter	Durchgang von Cubikcentimeter Quecksilber pro Minute	Vacuum von 1 mm Queck- silber erforderte Cubikcentimeter Quecksilber total	Zeit in Minuten zur Evacuation
2.4	83.3	2500	30
2.4	20	1600	80
1.8	20	700	35
1.8	50	1200	24
1.4	10	1800	180
1.4	25	2700	120
1.1	20	4000	200

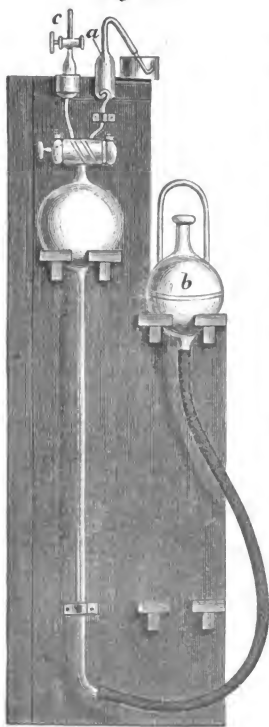
Die Resultate wurden bei einer Kugel von 136 cm^3 Volumen erhalten. Dass in dem letzten Versuch so sehr viel Zeit nöthig war, erklärt sich daraus, dass zufolge der sehr geringen Weite der Rohre das Quecksilber durch Adhäsion an den Wänden hängen blieb und durch fortwährendes Klopfen gefördert werden musste. Am vortheilhaftesten erscheint Versuch III mit 1.8 mm weitem Rohr, weil hier mit einem geringen Quantum Quecksilber in verhältnissmässig kurzer Zeit das Vacuum erzielt wurde. Als vortheilhafteste Länge der Rohre zeigte sich die Länge von 1 m , bei welcher man 22.5 cm Fall des Quecksilbers erhielt. Die Evacuation erfolgte hier schneller als mit Röhren von 85 cm Länge, während Rohre über 1 m Länge zu Brüchen leicht Veranlassung gaben. Man machte hierbei auch die Erfahrung, dass in den letzten Stadien eines sehr hohen Vacuums das Quecksilber nicht mehr continuirlich wie ein endloser Kolben fliesst, sondern dass es in einzelnen Tropfen hinabfällt und so die Luft mit sich fortreisst.

öffnet. Durch die schnell und heftig abfallenden Quecksilberstrahlen wird die Luft aus den Röhren n , l und dem Gefäss D , das zum Trocknen der Luft dient, entfernt und somit auch aus den Lampen, welche bei a angeschlossen sind. Rechts neben den Fallröhren ist eine Scala in Millimeter, ein Barometer und ein Barometerrohr b angebracht, an denen man den Luftdruck und das erste Stadium der Evacuation ablesen kann. Sobald das Vacuum jedoch grösser wird, zeigt b nichts mehr an, weil die Unterschiede in den Quecksilbersäulen gleich Null erscheinen. Es tritt nun das McLeod-Manometer in seine Stelle. Dasselbe ist hier jedoch in so kleinem Masstabe abgebildet, dass man seine Construction an einer späteren Figur wird besser erkennen können.

Die mit t bezeichneten kleinen Erweiterungen sind später auch noch einmal in grösserem Masstabe gegeben. Sie bilden eigenthümlich construirte Luftfänge, welche verhindern, dass Luftblasen, welche sich etwa im Quecksilber befinden sollten, nicht nach oben gelangen können, sondern unten, wo sie die Güte des Vacuums nicht beeinträchtigen können, festgehalten werden. Die ganze Pumpe ist auf einem Brett von etwa 1.30 m Länge und 25 cm Breite befestigt.

Die Herren Greiner & Friedrichs haben durch Anwendung eines schräge doppelt durchbohrten Hahnes eine sehr einfache und wirksame Pumpe construiert. Während die alte Geisler'sche Pumpe durch ihre mehrfachen Hähne zu Undichtigkeiten leicht Veranlassung giebt, ist die Töpler'sche Pumpe wieder dem Zerbrechen ausgesetzt, weil das lange, dünne Barometerrohr mit der oberen Glaskugel fest verbunden ist.

Fig. 15.



Beim Heben des Gefäßes *b*, Fig. 15, wird der Hahn so gestellt, dass das Rohr *c* abgesperrt ist und das Quecksilber bis in den kleinen Behälter *a* steigt. Alsdann dreht man den Hahn um 90° , so dass beide Rohre abgesperrt sind. Hierauf wird Gefäß *b* gesenkt und alsdann durch eine neue Drehung um 90° durch Rohr *c* die Luft aus den Lampen gesaugt. Dieses Spiel wiederholt sich nun so lange, bis man ein genügend hohes Vacuum erzeugt hat.

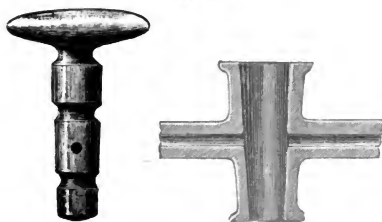
Da bei Anwendung sehr hoher Vacua alle gewöhnlichen Hähne leicht durch Undichtigkeiten Störungen verursachen, hat Mr. Eiloart einen besonders geformten Conus mit Quecksilberdichtung ersonnen. Der Conus hat zu beiden Seiten der Bohrung tiefe Rillen, in denen

sich Quecksilber befindet, welches einen sehr dichten Verschluss gewährleistet und bei eintretenden Undichtigkeiten sofort in die Pumpe eintritt und so den Fehler dem Auge leicht bemerkbar macht (s. Fig. 16). Um die Rillen mit Quecksilber zu füllen, schliesst man mit

dem Finger das untere Ende der Bohrung, giesst Quecksilber hinein und setzt den Conus fest ein, wobei sich die Rillen mit Quecksilber anfüllen.

Zum Abdichten von Röhren bei den Luftpumpen an Stellen, wo man sie nicht zusammenschmelzen kann, hat man verschiedene Mittel. Verbinden von Metallröhren, die man nicht verlöthen kann, oder Verbindungen zwischen Glas- und Metallröhren bewirkt man sehr sicher durch gut passende Gummipfropfen, während man Verbindungen von Glas mit Glas durch einen

Fig. 16.



besonderen Kitt luftdicht verschliesst. Man schmilzt für diesen Zweck gleiche Theile Kolophonium und Wachs zusammen, jedoch gewährt der Kitt niemals die Sicherheit wie eine zusammengeschmolzene Stelle. Siegellack eignet sich für gedachten Zweck auch ganz gut. Die zudichtenden Theile müssen jedoch zuvor gut angewärmt werden, damit das Harz sich mit dem Glas innig vereinigt und gut in die Fugen fließt. Zuviel Wachs darf man dem Kitt jedoch nicht beimengen, sonst wird er bröcklig. Guter schwarzer, nicht vulcanisirter Gummi ist auch zum Dichten geeignet, wenn man ihn vorsichtig

erwärmt. Mitunter verwendet man auch eine Mischung aus drei Theilen Paraffin und einem Theil Wachs. Man kann bei der Wahl eines solchen Kittes nicht vorsichtig genug sein; besteht er aus zu vielen organischen Stoffen, so zersetzt er sich leicht und entwickelt Dämpfe, die das Vacuum erfüllen. Wie sehr es darauf ankommt, nicht nur die Luft aus den Glühlampen zu entfernen, sondern überhaupt alle Gase, Dämpfe und auch Feuchtigkeit, hat Verfasser oft genug in der Praxis erfahren. Es ist unmöglich, alle Vorkommnisse der Praxis hier zu besprechen und den Anfänger auf alles aufmerksam zu machen. Man muss eben bei allen sich einstellenden Schwierigkeiten die Augen offen haben, und mit scharfem Verstande der Ursache des Misslingens sicher und schnell auf den Grund gehen. Wer dies nicht kann, sollte sich lieber mit Glühlampenfabrikation nicht befassen. Dieser noch so wenig bekannte Industriezweig erfordert (zu einem erspriesslichen Arbeiten in demselben) eine Menge physikalischer und elektrotechnischer Vorkenntnisse, wie auch eine unermüdliche Ausdauer, um die zahlreichen sich einstellenden Schwierigkeiten zu bemeistern. Jedoch auch dies allein genügt noch nicht, es ist auch ein stetes Fortschreiten, ein stetes Verbessern der Apparate und Einrichtungen in der Fabrikation wie auch des Fabrikates selbst erforderlich, um mit seinen Leistungen auf der Höhe der Zeit zu bleiben.

Eine sehr wichtige Rolle spielt auch der Erzeugungspreis der Lampen. Eine Fabrik, welche mit grossem Capital arbeitet und täglich 2000 bis 3000 Stück herstellt, ist gezwungen, möglichst billig zu erzeugen, um mit den kleineren Fabriken erfolgreich concurriren zu können. Eine Specialfabrik, welche bei nur 500.000 Mark

Capital für Anlage und Betrieb etwa 1000 Stück pro Tag fertigt, kann theurer erzeugen und doch ebensoviel oder noch mehr als die grössere Fabrik gewinnen, weil die allgemeinen Unkosten in letzterem Falle geringer sind. Nachstehende Zahlen sind auf den Betrieb einer kleineren Fabrik berechnet, sie können nicht als allgemein gültig erachtet werden, sondern sie werden je nach Umständen um 25 bis 30 Procent geringer oder höher sein; sie geben jedoch ein anschauliches Bild, aus wie kleinen Factoren sich der Erzeugungspreis einer Lampe (von 16 Kerzen für 50 bis 120 Volts) zusammensetzt.

Erzeugungspreis einer Glühlampe:

Arbeitslöhne:

Fadenziehen und Verkohlen mit Material	$3\frac{1}{2}$ — $3\frac{3}{4}$	Pfg.
Fadenpräpariren	$2\frac{1}{2}$	n
Aufsetzen des Fadens	$1\frac{1}{2}$ —2	n
Ballonblasen je nach Grösse	10, 12, 14	n
Umwickeln des Platins mit Glas	3	n
Einsetzen des Platins mit Absprengen der		
Füsse	6	n
Kohleneinsetzen und Zuschmelzen	6	n
Abstechen der Lampen	1	n
Auspumpen	6— $7\frac{1}{2}$	n
Photometriren und Induciren	$1\frac{1}{2}$	n
Eingypsen	$2\frac{1}{2}$	n
Verlöthen inclusive Material	$1\frac{1}{4}$	n
Putzen der fertigen Lampen	$\frac{3}{4}$	n
Lager- und Versandarbeit	2	n
Rund in Summa	40	Pfg.

Material:

Platindraht	20	Pfg.
Glasballon	2	"
Bleiglas	1	"
Contacte	7	"
Feuerung zum Verkohlen	$\frac{1}{2}$	"
Gas zum Blasen und Präpariren	$1\frac{1}{2}$	"
Feuerung für Dampfkessel	2	"
Heizung der Räume	1	"
Oel und Putzmaterial	$\frac{1}{2}$	"
Summa .	$35\frac{1}{2}$	Pfg.

Sonstige Unkosten:

Verlust durch Bruch	10	Pfg.
Gehalte und Miethe etc.	20	"
Summa .	30	Pfg.
Gesammter Erzeugungspreis für eine Lampe	40	Pfg.
	$35\frac{1}{2}$	"
	30	"
Summa*) .	$105\frac{1}{2}$	Pfg.

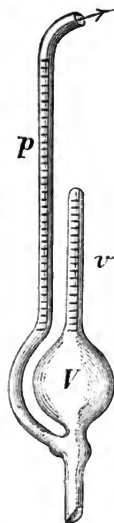
Diese Zahlen zeigen recht deutlich, wie sehr es darauf ankommt, aufs äusserste rationell zu arbeiten. Der Verlust durch Bruch beträgt selbst bei geordnetem Betriebe schon an 10 Procent des Erzeugungspreises, und für Platindraht sind gar 20 Procent aufzuwenden, so dass diese beiden Posten schon circa ein Drittel des Gesamtpreises ausmachen. Ehe man also daran geht, eine gewisse Construction der Lampe allgemein einzuführen, ist zuvor sehr genau zu prüfen, wie lang der

*) Zu dieser Summe tritt noch hinzu: Beleuchtung der Räume, Miethe der Gebäude, Abgaben und Verzinsung des Anlagecapitals.

Platindraht sein soll. Edison hat bei seiner, S. 85 beschriebenen Construction, nicht ohne Grund den Platindraht möglichst kurz gewählt!

Diese Ziffern sagen mehr wie viele Worte, dass man auf strenge Ordnung und vorsichtiges Arbeiten zu halten hat; denn wenn die Arbeiter mit den so leicht zerbrechlichen Theilen nachlässig umgehen, viel verderbe oder Material vergeuden, dann kann leicht der Verlust durch Bruch bedeutend steigen. Es ist also absolut nöthig, sich eine kaufmännisch geordnete tägliche Uebersicht zu verschaffen, damit man sofort erkennen kann, wo etwa Fehler oder Nachlässigkeiten vorgekommen sind, und also die Möglichkeit hat, schleunig einzugreifen und Vorkehrungen zu treffen, um die Missstände zu beseitigen. Man wird hieraus erkennen, dass diese eigenartige Fabrikation einen ganzen Mann verlangt, der technisch und kaufmännisch der Sache vollkommen gewachsen ist. Wenden wir uns nach dieser Abschweifung jedoch wieder den Luftpumpen zu.

Fig. 17.

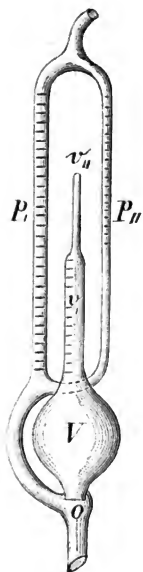


Das Messen des Vacuums.

Man hat allerlei Vorkehrungen ersonnen, um das am Barometer nicht mehr ablesbare Vacuum noch genau zu erkennen, respective zu messen. So diente z. B. der überspringende Funke eines Inductionsapparates oder ein Radiometer dazu. Ein wirkliches Messen ist jedoch erst durch den Apparat von McLeod möglich geworden. Er beruht auf der Compression eines bekannten verdünnten Luftvolumens V , Fig. 17 und 18, in ein kleineres bekanntes

Volumen v , respective v_1 und v_2 . Man misst dann die Höhe der Quecksilbersäule, welche den Druck ausübt, und kann hieraus auf den wirklich vorhandenen Druck schliessen, der sich nach bekanntem Gesetz ergibt.

Fig. 18.



Bezeichnet man mit p den unbekannten zu ermittelnden Druck, mit P die abgelesene Differenz in den beiden Röhren p und v , so hat man $pV = Pv$ und daraus $p = P \frac{v}{V}$.

So erhält man den herrschenden Druck in Millimeter. Dividirt man die so erhaltene Zahl durch 760, so ergibt sich der Druck als Bruchtheil einer Atmosphäre, da ja 760 der normale Luftdruck in Millimeter ist. Für noch genauere Ablesungen bei sehr hohem Vacuum dient die in Fig. 18 gegebene Verbesserung. Hier verengert sich das Rohr v_1 nochmals zu einem engeren Rohre v_2 . Liesst man nun in dem Moment zunächst ab, wo das Quecksilber gerade die Kugel V abschliesst, so erhält man eine Höhendifferenz P zwischen o und dem Stande des Quecksilbers in den beiden Röhren p_1 und p_2 . Das Volumen V steht nunmehr unter dem bekannten Drucke P und dem unbekannten Drucke p ; man hat dann die Gleichung $pV = (h + p)v$ oder $p(V - v) = hv$, wo h die Grösse P in Millimeter bedeutet, daraus ergibt sich $p = h \frac{v}{V - v}$.*)

*) Siehe auch Methode von Langhans, „Elektrotechnischer Anzeiger“ 1890, S. 51.

Die Crooks'schen Luftfänge

sind in Fig. 19 abgebildet. Zwei solcher Fänge sitzen mit etwa 10 cm Abstand sowohl unterhalb des McLeod-Manometers, als auch in dem Steigerohr der Pumpe, sie sind in Fig. 14 mit *t* bezeichnet. Die Wirkung derselben beruht darauf, dass, sobald das Quecksilber von unten in den Fang eintritt, der Schwimmer *T* gehoben wird und das Rohr *s* durch Quecksilber abgeschlossen wird. Das Quecksilber kann jedoch durch *T* nach *s* gelangen wogegen die Luft gezwungen wird, sich oben bei *l* anzusammeln.

Fig. 19.



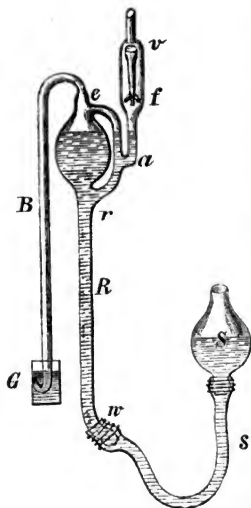
Das McLeod-Manometer hat übrigens durch Rood noch einige kleine Verbesserungen erfahren, die ich jedoch hier übergehen will; wer sich dafür interessirt, findet Näheres darüber in der Arbeit des Herrn Thompson.

Die Töpler'sche Pumpe

ist viel einfacher und billiger als die soeben beschriebene Sprengel-Pumpe und für sehr viele Zwecke vollkommen ausreichend. Fig. 20 giebt eine Ansicht davon. Das etwa 10 mm weite Rohr *R* endigt unten in einen Wulst, der zur Befestigung des Schlauches *s* dient, der andererseits mit dem Gefäß *S* in Verbindung ist. Die Kugel *V* oben, von etwa 15 cm Weite, hat rechts seitwärts ein Abzweigrohr *r*, welches wieder in einer Abzweigung ein Ventil trägt, das sich nach dem Sinken des Quecksilberspiegels bei *v* öffnet; über diesem Ventil

führt ein Rohr zu den Lampen. Die Längen der verschiedenen Theile sind so bemessen, dass, wenn das Quecksilber bis *e* gestiegen ist, es den Fuss *f* des Ventils hebt und bei *v* also abschliesst. Die verdünnte Luft, welche in der Pumpe sich befindet, wird schon bei *a* von den

Fig. 20.



Lampen abgesperrt und über *e B* nach dem Gefäß *G* getrieben, wo sie aus dem darin befindlichen Quecksilber als kleine Blasen aufsteigt. Damit jedoch die Luft nicht wieder durch *B* in die Pumpe eindringen kann, muss das Rohr *B* etwa 800 mm Länge haben, da 760 mm Quecksilber dem atmosphärischen Druck entsprechen. Die Pumpe enthält etwa 25 kg Quecksilber in dem Gefäß *S*, welches entweder von Hand oder durch sonstige geeignete mechanische Vorrichtungen gehoben und gesenkt werden muss. Das Heben muss natürlich so weit fortgesetzt werden, bis die Luft auch wirklich zu dem Rohre *B* heraus-

getrieben worden ist. Mit der Pumpe ist man im Stande. Lampen von gewöhnlicher Grösse in 2 bis $2\frac{1}{2}$ Stunden genügend zu evacuiren. Nachdem wir vorstehend die Pumpen und ihre Wirkungsweise kennen gelernt haben, kommen wir zur

Einrichtung der Pumpstation.

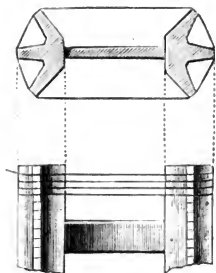
Um die ersten Züge der Quecksilberpumpen zu ersparen und die anfangs noch sehr concentrirte Luft schnell fortzuschaffen, verbindet man die Rohre aller Pumpen mit einem Recipienten von etwa 1 m^3 Inhalt, welcher fortdauernd auf einem Vacuum von etwa 10 mm Druck gehalten wird. Hierzu dient eine gute Maschinenpumpe, welche von der Welle eines Vorgeleges ständig betrieben wird. Es sind das Pumpen, wie sie für Zuckerfabriken, Eisfabriken z. B. von verschiedenen Maschinenfabriken gebaut werden.*)

Das Verfahren des Auspumpens der Lampen ist mit Hilfe solcher Pumpen sehr einfach und kürzt die Zeit um etwa eine halbe Stunde ab. Ehe die Quecksilberpumpen in Betrieb gesetzt werden, öffnet man einen Hahn in der Leitung zum Recipienten, der sofort die Luft bis auf 10 mm Quecksilberdruck verdünnt, und nun beginnt das vorhin beschriebene Auspumpen. Bei Verwendung von Sprengel-Pumpen ist es erforderlich, das Quecksilber durch Maschinenkraft wieder zu heben und zu filtriren, wenn es durch die Pumpen gelaufen ist, falls man die vereinfachte Construction von Edison anwendet, bei welcher alle Pumpen für Zu- und Abfluss des Quecksilbers ein gemeinschaftliches Rohr haben. Die Förderung des schweren Metalls auf $2\cdot5\text{ m}$ und mehr Höhe geschieht vielfach durch Schnecken oder Pumpen. Bei dieser Ein-

*) Herr Langhans nimmt zum Vorpumpen eine Wasserstrahlpumpe und zum Nachpumpen die Sprengelpumpe mit einem Fallrohr, genaue Beschreibung giebt „Der elektrotechnische Anzeiger“ 1890, S. 50 und 67.

richtung pflegt man auch nur ein Fallrohr anzuwenden und die meisten Rohre der Leitungen aus Eisen oder Stahl herzustellen, weil bei der Höhe der Druck zu stark ist und vielfache Brüche vorkommen würden. Wo man jedoch Glasrohre verwenden will, muss man auf grosse Fallhöhe verzichten und nur ein Gefälle von wenigen Metern anwenden, was jedoch die Zeit des Auspumpens etwas verlängert.

Fig. 21.



Die Pumpen, gleichviel welcher Systeme, ordnet man in einem grösseren, gut ventilirten Raume zu 5 bis 10 Stück in Reihen an, und zwar so, dass immer zwei Reihen mit den Rückseiten zusammen stehen. Auf diese Weise sind etwa 50 Pumpen für 1000 Stück Lampen Leistung pro Tag in Reihen so geordnet, dass zwischen jeder Reihe immer ein Gang von etwa 1.25 m bleibt. Zwischen den

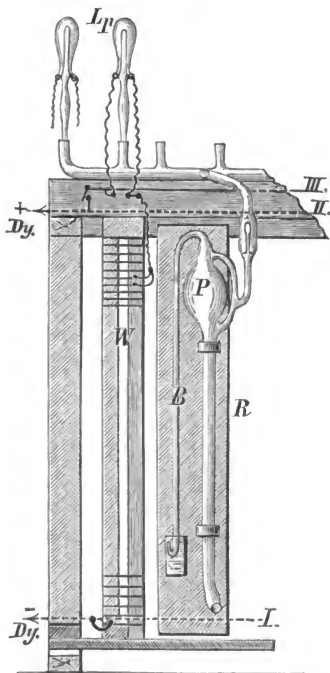
Pumpen befinden sich die zahlreichen Widerstände. Für eine kleine Fabrik genügt ein grösserer Gesamtwiderstand für jede Pumpe, während man für Massenerzeugung am besten für jede an einer Pumpe zu evacuirenden Lampe einen besonderen Widerstand anbringt, und zwar muss dieser Widerstand so beschaffen sein, dass er selbst bei der höchsten, für die Lampen nöthigen Spannung, also 120 oder 150 Volts so gross ist, dass bei Einschaltung des ganzen Drahtes die Lampe kaum roth glüht, so dass sich die Fäden ganz allmählich erwärmen lassen und man durch successives Ausschalten des Widerstandes die Glut des Fadens allmählich steigern

kann. Diese Widerstände pflegt man aus zwei dünnen Nickeldrähten herzustellen, welche auf den in Fig. 21 abgebildeten Rahmen in dicht nebeneinander liegenden Schlägen aufgewunden sind. Zu jedem Widerstande gehört eine Leitungsschnur, mit zwei Contactklemmen an dem einen und einer Klemme mit zwei federnden Haken am andern Ende. Die Klemmen werden auf die Windungen des Widerstandes direct aufgesetzt, während die Haken in die Platinösen der Lampen eingehängt sind. Die Fig. 22 und 23 zeigen die Einrichtung einer Töpler-Pumpe mit dem Widerstande.

Da man ja Lampen von sehr verschiedener Spannung auf denselben Pumpen zu evacuiren hat, so müsste der Widerstand unter Um-

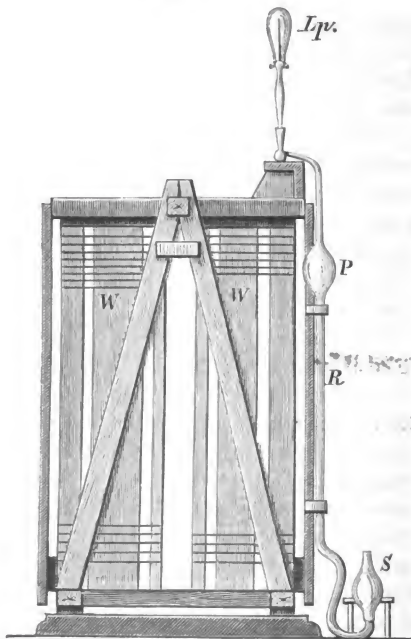
ständen sehr gross werden. Man vermeidet dies, wenn man die Dynamos mit drei Bürsten versieht, welche 100, respective 200 Volts geben. Die drei Leitungen werden dann zwischen den Widerständen so angeordnet, dass

Fig. 22.



man durch Wechsel eines Umschalters entweder die niedrige oder die hohe Spannung in den Widerständen hat; oder man ist gezwungen, an jeder Pumpe einen

Fig. 23.



kostspieligen und umständlichen Umschalter anzubringen, welcher es gestattet, die Lampen von geringerer Spannung in entsprechender Zahl hintereinander zu schalten, damit man das Glühen der Fäden allmählich steigern kann.

Diese Steigerung des Glühzustandes ist absolut nöthig, um die Luft auch aus dem Faden zu entfernen. Lampen, die nicht so behandelt werden, sind niemals ordentlich luftleer zu bekommen, weil sich nach einiger Zeit beim Gebrauch die Luft aus dem Faden im Ballon ansammelt und der Sauerstoff derselben die Kohle schnell zerstört.

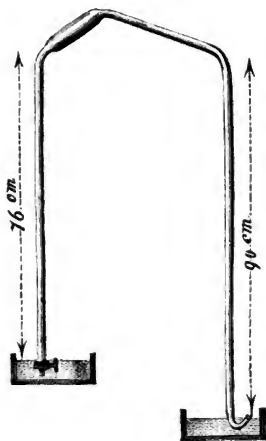
Der Vollständigkeit wegen will ich hier noch erwähnen, dass man auch eiserne, rotirende Quecksilberluftpumpen, nach Art der Kreiselumpen, construirt hat, welche sehr leistungsfähig sein sollen und sehr wenig Raum beanspruchen; ich habe jedoch nicht in Erfahrung bringen können, ob es gelungen ist, den schädlichen Raum bei dieser Art Pumpen völlig zu beseitigen. Bei Pumpen, die ich zu beobachten Gelegenheit hatte, war dies nicht der Fall; man musste bei denselben immer noch mit anderen Pumpen nachhelfen.

Das Reinigen des Quecksilbers.

Die Beschaffenheit des Quecksilbers in der Luftpumpe ist für einen guten Betrieb derselben äusserst wichtig. Das Quecksilber wird im Allgemeinen in starkwandigen, eisernen Kugeln oder Cylindern in den Handel gebracht, welche durch einen Schraubenpfropfen verschlossen sind. Diese Gefässe sind gewöhnlich nicht ganz rein und das flüssige Metall hat sich auf dem Transport auch etwas oxydirt. Um diese Verunreinigungen zu entfernen, filtrirt man es zuerst über einen Papierfilter mit enger Oeffnung und schüttelt es dann mit Säure in Glasflaschen oder in flache Schalen, indem man verdünnte Schwefelsäure mit einigen Tropfen Salpetersäure im Ueberschuss darauf giesst und fleissig schüttelt oder umrührt. Bei sehr starker Verunreinigung wendet

man wohl auch verdünnte Salpetersäure allein an. Vorsicht ist bei diesen Arbeiten dringend geboten, da sich lästige Dämpfe und Gase entwickeln. Nach dieser Behandlung entfernt man jede Spur von Säure durch Waschen mit Wasser und trocknet dann das Quecksilber auf Fliesspapier und filtriert es nochmals durch Papier oder Leder.

Fig. 24.



Gut gereinigtes Quecksilber darf weder beim Schütteln in einer Flasche ein graues Ansehen bekommen, noch beim Fließen auf einer Glasplatte irgend welche Spuren von Oxyd hinterlassen. Auch auf elektrolytischem Wege kann man Quecksilber reinigen, am vollkommensten erreicht man dies jedoch durch Destillation. Für gewöhnlich füllt man es zu diesem Zwecke in Retorten aus Thon, Glas oder Eisen und bedeckt die Oberfläche mit eisernen Drehspänen. Am schnellsten geht dieser Process im Vacuum

bei 200° C. vor sich. Man hat hierzu zahlreiche Apparate ersonnen, welche die Destillation mit Hilfe einer Luftpumpe zunächst einleiten, so dass dann im Vacuum der Process ohne weitere Beihilfe vor sich geht. Einen sehr einfachen Apparat hat L. Weber aus einem Glasrohr hergestellt. Das Rohr ist etwa 2 mm weit und hat zwei Schenkel von 76 und 90 cm Länge, zwischen denen sich eine Erweiterung von 2 cm Weite befindet. Der kürzere

Schenkel hat unten einen Hahn (s. Fig. 24). Man füllt zunächst den ganzen Apparat mit Quecksilber und stellt ihn umgekehrt in zwei Gefäße, von denen das linke das zu reinigende Quecksilber enthält. Erwärmt man nun vorsichtig den erweiterten Theil, indem man ihn zuvor durch ein Drahtgeflecht und Asbestumhüllung vor der directen Flamme schützt, so verdampft hier das Metall und destillirt unter dem atmosphärischen Druck von links nach rechts allmählich über. Die folgende Tabelle*) giebt den Druck des Quecksilberdampfes nach den Versuchen verschiedener Physiker bei verschiedenen Temperaturen an, und zwar in Millimeter Quecksilber.

Temperatur Cels.-Grade	Regnault	Bessel- Hagen	H. Hertz	Ramsay & Young
— 10	—	—	—	—
0	0.0200	0.015	0.00019	—
+ 10	0.0268	0.018	0.00050	—
20	0.0372	0.021	0.0013	—
30	0.0530	0.026	0.0029	—
50	0.1120	0.042	0.013	0.015
100	0.7455	0.210	0.285	0.270
200	19.90	—	18.25	—
300	242.15	—	—	—
400	1587.95	—	—	—
500	6520.25	—	—	—

McLeod fand nach einer chemischen Methode bei 20° C. 0.00574 mm oder 7.6 Millionstel einer Atmosphäre.**)

*) Siehe die mehrfach erwähnte Abhandlung von Sylvanus P. Thompson: „On the development of the mercurial air-pump.“

**) Quecksilber gefriert bei — 39°, siedet bei + 360°.

11. Das Auspumpen der Luft.

Auf das in Fig. 12 und 13 abgebildete, mehrfach gegabelte Rohr setzt man die zuvor in der Bläserei mit den Schliffen vereinigten Lampen auf, indem man sie mit ein wenig Fett abdichtet. Der Hahn zum Recipienten wird vorsichtig geöffnet und die Luft zunächst bis auf 10 mm Druck ausgepumpt. Ob auch alle Theile luftdicht sind, liest man sofort am Barometer oder einer kurzen Barometerprobe ab. Steigt das Quecksilber in dem offenen Schenkel nicht sofort, so ist nach Undichtigkeiten zu forschen, die meist in den Schliffen oder in den Verbindungen dicht an der Pumpe liegen, da ja die übrigen Verbindungen meist verlöthet oder verkittet sind. Man sollte in keiner guten Fabrik die Kosten scheuen, an jeder Pumpe auch ein McLeod-Manometer anzubringen, weil man mit dessen Hilfe auch sofort bei höherem Vacuum erkennen kann, ob alles dicht ist. Bei sehr geringen Undichtigkeiten, die z. B. ganz unsichtbar in den zusammengeblasenen Stellen über den Schliffen liegen können, geht oft sehr viel Zeit mit Suchen verloren, die ganze, zuvor aufgewendete Zeit ist auch nutzlos geworden, und die Arbeiter werden unwillig, weil sie ihren Accord nicht leisten können. Klappt alles nach Wunsch, so ist man in 2 bis 2½ Stunden fertig. Um das Auspumpen zu beschleunigen und die Güte des Vacuums zu erhöhen, erwärmt man die Lampen schon bei Beginn des Auspumpens und steigert die Wärme, wenn irgend möglich noch zum Schluss, damit besonders auch die an den Glaswänden sehr festhaftende Luft mit ausgetrieben wird. Für dies Erwärmen hat man über den Lampen kleine Dächer aus Glimmer an-

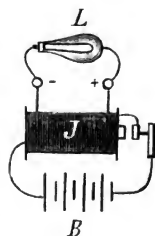
geordnet, unter denen einige Glasflammen brennen, so dass die Hitze sich den unter dem Dache befindlichen Lampen gut mittheilt (s. Fig. 23). Sind dergleichen Dächer nicht vorhanden, so pflegt man mit einer grossen Gasflamme die Lampen zeitweise anzuwärmen.

Um nun die Gewissheit zu erlangen, dass die Lampen auch sicher luftleer sind, wendet man entweder das Manometer an oder den Ruhmkorff'schen Inductionsapparat.

Fig. 25.

Die Untersuchung des Vacuums.

Schon im Jahre 1883 und später 1889 habe ich im „Centralblatt für Elektrotechnik“ darauf hingewiesen, dass der Inductionsapparat geeignet ist, über die Beschaffenheit des Vacuums in gläsernen Hohlkörpern Aufschluss zu geben, ohne dieselben öffnen zu müssen. Die hierzu nöthige Einrichtung ist in Kurzem folgende (Fig. 25). Man nimmt einen Ruhmkorff'schen Apparat mit nicht zu kleiner Inductionsrolle, etwa 20 cm lang, und treibt denselben entweder mit einigen Tauchelementen oder durch eine Accumulatorenzelle. Der Apparat muss in einem Raume aufgestellt werden, welcher schnell gut verfinstert oder erhellt werden kann und der bei Anwendung einer Tauchbatterie auch gut ventilirt ist, damit die Säuredämpfe nicht lästig werden. Die Platincontacts des Apparates müssen sehr solid hergestellt sein, da der Apparat bei starkem Betriebe täglich etwa sechs bis acht Stunden fast ununterbrochen in Gang sein muss. Schaltet man zwischen die Pole der Rolle den menschlichen Körper mit einer Glühlampe, indem man die



Lampe in eine Hand nimmt und mit der anderen den anderen Pol berührt, so erhält man je nach der Höhe des Vacuums verschiedene Lichterscheinungen, aus denen man bei einiger Uebung mit ziemlicher Sicherheit auf die Beschaffenheit des Vacuums schliessen kann. Ist die Lampe gut evacuirt, so sieht man in dem Ballon entweder einen hellen Schein von Violett oder Grün, je nach der Glassorte, der mitunter etwas milchig erscheint, während bei geringem Vacuum das Innere dunkelviolett sich zeigt. Diese Erscheinung ist unter allen Umständen ein sicheres Zeichen dafür, dass die Lampen noch viel Luft enthalten. Lampen wieder, die gar nichts zeigen, pflegen überhaupt undicht zu sein. Mitunter zeigen sich bei solchen Lampen auf dem Faden einzelne aufblitzende und wieder verschwindende Sterne als sicheres Zeichen, dass auch der Faden noch Luft enthält. Es war mir leider bis jetzt nicht vergönnt, diese höchst interessanten Erscheinungen systematisch weiter zu verfolgen. Sie sind sehr zahlreich und bedürfen noch mehrfach der Erforschung.

Um nun die Lampen auf der Pumpe untersuchen zu können, ist es nöthig, entweder ein transportables dunkles Cabinet anzuwenden, nach welchem man die Leitungen des Inductionsapparates hinführt, oder eine Probelampe abzuschmelzen, welche man in der gedachten Weise in einer Dunkelkammer untersucht. Zeigt sich bei der Untersuchung noch zuviel Violett, so muss das Auspumpen noch eine Zeitlang fortgesetzt werden, anderenfalls kann man zum Abschmelzen aller Lampen einer Pumpe übergehen. Das Abschmelzen muss mit besonderer Sorgfalt bewirkt werden, weil eventuell Luft dabei in die Lampen eindringen kann. Es folgt hieraus

auch, dass man hin und wieder auch nach dem Abschmelzen einzelne Lampen noch sofort untersuchen muss, um zu controliren, ob das Abnehmen auch mit der nöthigen Sorgfalt bewirkt worden ist.

Es ist unvermeidlich, dass mitunter ein Rohr oder eine Pumpe bricht und das Quecksilber ausläuft. Da die Dämpfe desselben jedoch der Gesundheit bald schädlich werden, so muss man dafür Sorge tragen, dass das Metall nicht in den Fussboden eindringt oder im ganzen Raum sich vertheilen kann. Es ist daher am besten, den Fussboden so herzustellen, dass er cementirt ist und zwischen den einzelnen Pumpenreihen kleine flache Rinnen oder Mulden bildet, in denen sich das Quecksilber ansammelt und wieder aufgenommen werden kann. Ueberhaupt sind alle Einrichtungen so anzuordnen, dass die Arbeiter gezwungen werden, jedes Verstreuen des Metalls vorsichtig zu vermeiden; wo dies nicht der Fall ist, treten unter den Leuten gar bald Krankheiten auf, die sich zunächst in Störungen der Verdauung bemerkbar machen. Es gehört zu diesen Vorsichtsmassregeln auch ein geeigneter Verschluss an den Gefässen der Pumpen, welche in ihrer oberen Oeffnung mit porösem Stoff umwunden sein sollten, damit zwar die Luft leicht aus- und einströmen kann, das Metall aber nach Möglichkeit am Ueberfliessen gehindert wird. Ferner ist streng auf Reinlichkeit sowohl in dem Raume als auch bei den Arbeitern zu halten. Dieselben sollten sich vor den Essenpausen sorgfältig waschen, die Kleidung wechseln und dadurch vermeiden, dass sie Quecksilber in den Mund bekommen. Wo der Raum es gestattet, sollte man besondere Speisezimmer, getrennt von der Pumpstation, anordnen.

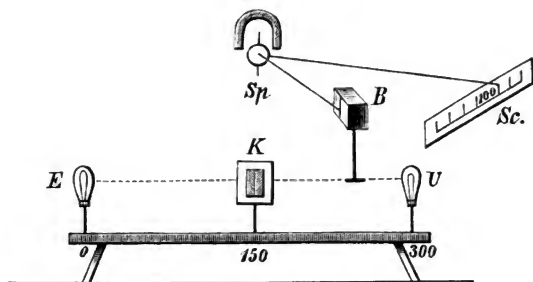
Der Transport der nicht unbeträchtlichen Mengen an fertigen und halbfertigen Fabrikaten sowohl in der Pumpstation, als auch überhaupt in der ganzen Fabrik spielt eine bedeutende Rolle und sollte nach Möglichkeit durch besondere Aufzüge bewirkt werden, damit nicht fortwährend Leute für denselben unterwegs sind und der unvermeidliche Bruch verringert wird. Man pflegt die Lampen zu den Transporten aus einer Station in die andere in Kästen zu je 24 Stück zu stellen, wodurch sie vor Beschädigungen geschützt werden. Sind alle Lampen von den Pumpen abgeschmolzen, so werden sie zurück nach der Glasbläserei gesendet, in welcher die Spitzen, wie in Cap. 9 beschrieben, verkürzt und sorgfältig zugeschmolzen werden. Die Lampe an sich ist nun fertig; ehe sie jedoch für den praktischen Gebrauch geeignet ist, hat sie noch mehrere Stationen zu passiren. Es folgt

12. Die Bestimmung der Leuchtkraft.

Wie bekannt, verwendet man ganz allgemein nur Lampen von gewisser Kerzenzahl, und zwar meistens zu 8, 10, 16, 20, 25 und 32 Kerzen, und von diesen am meisten die von 16 Kerzen. Zur Bestimmung der Kerzenzahl bedient man sich eines Photometers; da jedoch mit einem solchen Apparat nicht mehr als etwa 600 Lampen pro Tag gemessen werden können, so ist bei grossem Betriebe die Aufstellung von zwei oder mehr dergleichen durchaus erforderlich. In Gebrauch zu diesem Zwecke ist allgemein das Bunsen'sche Photometer in seinen verschiedenen Abänderungen. Den Fettfleck auf dem Papier hat man neuerdings durch zwei Stücke Paraffin oder Milchglas ersetzt, zwischen denen ein gut

polirtes Stück Silberblech gelegt ist. Das Ganze ist in einem kleinen Gehäuse eingeschlossen, welches man leicht behufs Reinigung entfernen kann. Fig. 26 zeigt die Vorkehrung. Während man bei dem Fettfleck genöthigt war, Winkelspiegel anzuwenden, kann man hier die Helligkeit auf den vorderen schmalen Seiten der beiden Theile beobachten. Herr Professor Thompson, bei welchem ich zu London im Technical College zuerst die Einrichtung sah, versicherte, dass sie viel empfind-

Fig. 26.



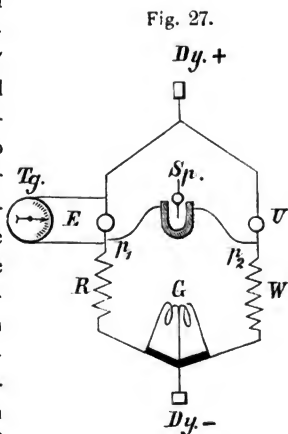
licher wäre, als der früher gebrauchte Fettfleck, der auch leicht durch Staub oder Verdunsten des Fettes das Arbeiten erschwerte. Es ist ohnehin nicht Jedermanns Sache, genaue brauchbare Messungen der Helligkeit am Photometer auszuführen, man ist daher genöthigt, die hierzu besonders geeigneten Arbeiter sorgfältig auszusuchen. Herr Dr. Krüss in Hamburg und Herr Elster in Berlin liefern übrigens hierzu geeignete Apparate in besonders vorzüglicher Ausführung; ich verzichte daher, an dieser Stelle sie noch besonders zu beschreiben, und beschränke mich nur auf diejenigen Theile, welche nicht

allgemein in Anwendung auch für andere Zwecke sind, sondern speciell zum Messen bei Glühlampen gebraucht werden.

Die Messungen werden in der Weise ausgeführt, dass man auf einem Ende der Bank eine als Normal-lampe vorher genau bestimmte Lampe anbringt, an dem anderen Ende die zu bestimmende Lampe einschaltet und den Photometerkasten an die zuvor berechnete Stelle schiebt, bei welcher die beiden Hälften gleich hell erscheinen, wenn die neue Lampe z. B. genau 16 Kerzen hat. Man misst dann die Spannung an der Lampe, die sie zu der gewünschten Helligkeit bedarf. In Wahrheit misst man jedoch nicht die volle Spannung der Lampe, sondern nur die Differenz zwischen der Spannung der Normallampe und der zu untersuchenden Lampe. Für ein recht schnelles Arbeiten hat man nicht die bekannten Voltmeter in Gebrauch, sondern ein Spiegelgalvanometer wie es z. B. Carpentier in Paris in ausgezeichneter Güte liefert. Auf einer durchsichtigen Scala hat man auf empirischem Wege die Ausschläge für die verschiedenen Spannungen ermittelt und mit kräftigen Strichen aufgetragen, so dass jeder Arbeiter leicht im Stande ist, die Spannung direct abzulesen und auf einem kleinen Zettel an der Lampe zu bemerken. Auch das Auswechseln der zu messenden Lampen muss möglichst schnell gehen; man hat daher je nach dem System, nach welchem eine Fabrik arbeitet, verschiedene Vorkehrungen, die diese Arbeit erleichtern. Sind die Drähte in Oesen an den Lampen gebogen, so ist auf dem Photometer eine Oesenfassung befestigt, die man je nach der Grösse der Lampen in senkrechter Richtung verschieben kann. Vor der Lampe ist ein Umschalter

erforderlich, welcher entweder die neue Lampe einschaltet, oder den Strom nach einer Beleuchtungslampe leitet, die zum Beschreiben und Auswechseln der Lampen das nöthige Licht giebt. Den Spalt für den Spiegel beleuchtet man gleichfalls am besten mit einer Glühlampe, weil Gas zu viel Wärme giebt, die ohnehin in dem allseitig geschlossenen Raum nicht zu vermeiden ist.

Das Princip, nach dem die Spannung wie oben gemessen wird, ist in Fig. 27 dargestellt. E und U sind die Lampen, R und W Widerstände, D die zur Dynamo führenden Leitungen. Der Widerstand W wird so verändert, dass die Lampe U die verlangte Helligkeit hat. Die Differenz der Spannung zwischen beiden wird zwischen p_1 und p_2 durch das Spiegelgalvanometer gemessen. Mitunter schaltet man auch noch ein Differentialgalvanometer G



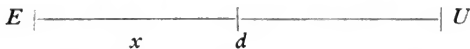
ein, an welchem zu gleicher Zeit die Stromstärke der Untersuchungs Lampe als Differenz gegen E abgelesen werden kann, so dass die Constanten einer jeden Lampe hier schnell und sicher bestimmt werden können.

Wo es auf so grosse Genauigkeit nicht ankommt, verfährt man auch in höchst primitiver Weise folgendermassen, um die Helligkeit der Lampen zu ermitteln. Eine Anzahl neuer Lampen, etwa zehn Stück, werden auf einem Rahmen nebeneinander eingeschaltet. Daneben

befindet sich eine genau abgegliche Normallampe, welche mit richtiger Spannung gebrannt wird. Diese Lampe befindet sich an einer beweglichen Leitungsschnur und kann so leicht neben die neuen Lampen gehalten werden. Man vergleicht nun einfach den Glühzustand der Fäden der zehn Lampen mit dem der Etalon-Lampe und bestimmt auf diese Weise nach dem durch Uebung erlangten Augenmass die Spannung. Dieses Verfahren ist natürlich nur dann möglich, wenn man die Fäden so genau vorher präparirt hat, dass nur Abweichungen von wenigen Procenten vorkommen. Dies ist aber nur bei automatischen Apparaten zu erreichen. Ohne dieselben fallen die Lampen in ziemlich weiten Grenzen mit Abweichungen von 5 bis 10 Volts nach oben und unten aus.

Eine grosse Hauptsache ist die genaue Abgleichung der Etalon-Lampen mit Hilfe einer Normalkerze oder besser noch mit der Amylacetat-Lampe. Man sollte mindestens einmal täglich diese Normallampe auf ihre Helligkeit prüfen und immer eine grössere Anzahl geprüfter Lampen zur Hand haben, damit beim Brechen des Fadens sofort Ersatz vorhanden ist und keine Zeit verloren wird. Die Berechnung der Stellung des Kastens auf der Bank des Photometers soll später in einer besonderen Tabelle gezeigt werden, sie beruht auf dem optischen Gesetz: Die Leuchtkraft zweier Lichtquellen verhält sich bei gleicher Beleuchtungsstärke eines Objectes wie die Quadrate der Entfernungen der beiden Lichtquellen von dem beleuchteten Objecte. Bezeichnet man mit E und U die beiden Lampen und mit d_e und d_u die zugehörigen Entfernungen, so ist: $\frac{E}{U} = \frac{d_e^2}{d_u^2}$ oder

$U = \frac{d_u^2}{d_e^2} \cdot E$ und $E = U \cdot \frac{d_e^2}{d_u^2}$. Bezeichnet x die zu suchende Entfernung bei 300 cm Länge der Bank, so ist $\frac{E}{U} = \left(\frac{x}{300 - x}\right)^2$ und $x = \frac{300}{1 + \sqrt{\frac{U}{E}}}$. Die Entfernungen $d_e + d_u = 300$ und also $d_u = 300 - d_e$, sowie $d_e = 300 - d_u$, siehe die nachstehende Figur.



Diese Rechnung müsste für jede Etalon-Lampe jedesmal durchgeführt werden, die gedachte später folgende Tabelle erleichtert jedoch die Rechnung.

Für schnelles und sicheres Arbeiten hat man natürlich, wie in allen Abtheilungen, auch hier die Vorkehrungen so praktisch und handlich wie möglich gemacht. Dies bezieht sich auch ganz besonders auf die Schaltung am Photometer, die zwar sehr verzweigt und wenig übersichtlich, in der Praxis aber um so bequemer für ein flottes Arbeiten ist. In der Mitte vor der Bank befindet sich ein hoher Stuhl, so dass der Mann, welcher die Helligkeit vergleicht, den Kopf gut zwischen besondere Schutzdeckel stecken kann, um durch kein Licht von aussen gestört zu werden. Neben seinem Sitz hat er leicht erreichbar die Widerstände, welche so abgestuft sind, dass sie einmal gestatten, die Spannung für die verschiedenen Lampensorten passend zu wählen und andererseits beim Reguliren der Helligkeit in sehr kleinen Stufen die Spannung zu verändern. Der Raum, in welchem die Photometer aufgestellt sind, muss mit matter, schwarzer Farbe völlig dunkel gestrichen sein,

um alle Reflexe zu vermeiden. Die Ventilation muss gleichfalls derartig angeordnet werden, dass kein Licht von aussen in den Raum eindringen kann. In Mailand sah ich eine Einrichtung in der Glühlampenfabrik von Cabella, welche es gestattet, in einem nicht verdunkelten Raum zu messen. Hier ist die Photometerbank etwa nur 1.50 m hoch in einem langen Kasten untergebracht, welcher auf der vorderen Seite mit einem Vorhang aus Sammt dicht abgeschlossen ist. Es arbeitet sich mit dieser Einrichtung ganz bequem; dieselbe mag besonders im Sommer bei der grossen Hitze in jenem Lande angenehm sein, denn bei 40° C. über Mittag in einem dunklen Raum mit mangelhafter Ventilation zu sitzen, mag auch nicht gerade besonders erträglich sein, während der Vorhang immerhin Luft genug noch durchlässt und man jede Arbeitspause benutzen kann, in freier Luft zu athmen. Das Photometer stand hier in einer ganz offenen Halle, welche weder durch Fenster noch durch Thüren abgeschlossen war.

Sehr wichtig ist es natürlich, dass die Lampen, welche zum Photometer kommen, auch wirklich luftleer sind, damit die zeitraubende Arbeit des Photometrirers nicht unnöthig vergeudet wird. Man hat daher dicht neben dem Photometerraum oder in einer Ecke desselben einen Inductionsapparat aufgestellt, wie er bei der Pumpstation beschrieben ist (oder deren zwei bei grossem Betriebe). Alle Lampen, welche hier „blau“ zeigen, wandern nochmals in die Glasbläserei, werden geöffnet, indem man die Spitze ein wenig abbricht, an Schliffe angeschmolzen und wieder von neuem ausgepumpt. Auch Lampen, die etwa sonst Fehler in den Fäden etc. aufweisen, werden wieder verwendet, indem

man sie einfach aufschneidet, mit neuen Fäden versieht und wieder evacuirt. Zu oft kann man dies jedoch mit einer und derselben Lampe nicht wiederholen, weil Glas, das öfter erhitzt worden ist, sich nicht mehr an den Rändern vereinigen lässt; die Hitze zersetzt das Glas. Diese Reparaturen sind natürlich nur so lange möglich, als noch keine Metalltheile an die Lampen angekittet worden sind.

Ist die Spannung einer jeden Lampe am Photometer wie beschrieben festgestellt, so wandern die Lampen mit den entsprechenden Bezeichnungen entweder ins Lager oder in die Lötherei.

13. Die Befestigung der Metalltheile.

Es ist schon früher ausgeführt worden, dass es für die Praxis nicht vortheilhaft ist, die Lampen mit den Platindrähten direct einzuschalten, sondern man versieht sie mit besonderen Contacten, die gut von einander isolirt sind und gewöhnlich durch Gyps an dem Glase befestigt werden. Zu diesem Zwecke löthet man zunächst an die Platindrähte kurze Stücke Kupferdraht, die man vorher verzinnt hat, damit sie gut haften und sich nicht so schnell oxydiren. Das Löthen wird in der Weise ausgeführt, dass man dem Kupferdraht unten einen kleinen Haken giebt, welcher mit Zinn gefüllt ist. Diesen Haken vereinigt man mit dem Platindraht an einem Löthkolben, und zwar so, dass die Drähte gleich in die für die Contacte geeignete Lage kommen.

Das Löthen erfordert sehr viel Aufmerksamkeit und Sorgfalt. Wird hier nicht sehr aufgepasst, so kann in der Lötherei die ganze Tagesproduction verdorben werden. Zunächst darf keine Säure zum Löthen

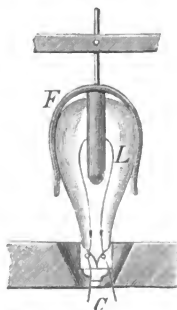
genommen werden, weil dieselbe nicht allein den Draht anfrisst, sondern auch den Gyps feucht macht und später dem Strom einen willkommenen Weg zum Kurzschluss bietet. Die Drähte werden zunächst grün und oft so zerfressen, dass sie den Strom nicht mehr passieren lassen. Ein weiterer Schaden, der sehr leicht beim Löthen eintritt, besteht im Zersprengen der Glasballons. Sobald nämlich zu heiss gelöthet wird, bekommen die Einschmelzungen an den Platindrähten ganz feine Risse, die man mit dem Auge oft gar nicht wahrnehmen kann, die aber genügend sind, um der Luft Zutritt zu gewähren. In Folge dessen werden die Fäden sehr bald verbrannt und die Lampe also unbrauchbar. Hand in Hand mit dem Löthen geht das Eingypsen der Ballons in die Contacte der verschiedenen Systeme, deren wir ja nun mit der Zeit eine ganze Menge zählen. Theils sind hierzu die Patente der verschiedenen Fabriken die Ursache gewesen, theils aber auch die Sucht vieler Fabrikanten, etwas „Eigenes“ zuwege zu bringen, natürlich zum Schaden der Allgemeinheit. Es ist unglaublich, was heute von einem Glühlampenfabrikanten alles verlangt wird. So haben Edison, Swan, Lane-Fox, Maxim, Siemens, Bernstein, Huber, Egger, Helios besondere Constructionen gewählt, wodurch die Mannigfaltigkeit des Lagers einer Glühlampenfabrik beinahe ins Ungemessene gesteigert wird. Nicht genug, dass man verschiedene Spannungen oft von den ungeradesten Voltzahlen verlangt und die verschiedenen Lichtstärken wünscht, muss man die Variationen nun noch mit den Contacten vergrössern. Auf diesem Gebiete wäre eine allgemeine Einheitlichkeit wohl zu wünschen, aber die grossen Fabriken wollen eine solche Reform nicht anbahnen,

sie warten, dass die kleineren Fabriken ihnen zuerst Vorschläge machen sollen, und diese wiederum mögen sich den grossen Herren nicht beugen, und so leben wir denn in der wirren Mannigfaltigkeit so lange lustig weiter, bis einmal die grossen Elektrizitätswerke in den grösseren Städten diesem unleidlichen Zustande ein Ende machen werden, wenn sie sich Alle für ein System der Befestigung entschliessen, wie man dies für die Gasbrenner ja seit langen Jahren bereits gethan hat.

Zum Eingypsen der Lampen hat man die in Fig. 28 abgebildeten Vorrichtungen. Der Ballon wird vom Ende aus durch vier flache Federn gehalten. Diese Federn sind oben an einem Stiel befestigt, der sich drehen und in seiner Längsachse verschieben oder feststellen lässt. Mitten unter der Lampe befinden sich Vertiefungen, in welche kleine Formen passen, in denen sich die anzukittenden Contacttheile befinden. Die Kupferdrähte ragen unten durch entsprechende feine Löcher hindurch. Hat man nun alle Lampen, von denen etwa zehn Stück in einem Gestelle vereinigt sind, in die richtige Lage gebracht, so wird ein kleines Quantum Gyps mit wenig Wasser angerührt und mit Hilfe eines geeigneten kleinen Gefässes mit langem Ausguss zwischen die Contacttheile gegossen.

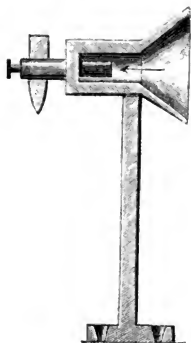
Hat der Gyps abgebunden, so hebt man alle Lampen zugleich aus dem Gestelle, nimmt sie aus den Klammern und kann nun den überflüssigen Gyps mit einem Messer entfernen.

Fig. 28.



Die Lampen gelangen abermals zur Lötherei, damit die aus den Contacten der Ballons hervorragenden Drähte verkürzt und mit den Contacten verlöthet werden. Alle diese Lötharbeiten führt man am sichersten und besten mit einem festen und nicht mit einem beweglichen Löthkolben aus. In einem eisernen Gehäuse (Fig. 29) ist horizontal ein Stück Vierkanteisen gelagert, das vorne in einer

Fig. 29.



Oeffnung einen verticalen Bolzen aus Kupfer trägt. Dieser kupferne Bolzen wird dadurch auf die zum Schmelzen des Zinns erforderliche Temperatur gebracht, dass von hinten eine Gasflamme in das Gehäuse hineinragt. Die Temperatur sollte nie höher gehalten werden, als eben zur Arbeit nöthig ist, damit das Springen der Ballons durchaus vermieden wird. Die Löthstelle darf nur einen kurzen Augenblick mit dem Bolzen in Berührung gebracht werden. Zu allen Gypse-

reien soll der Gyps frisch gebrannt sein, gut und schnell abbinden und nie mit zuviel Wasser angerührt werden. Die eingegypsten Lampen dürfen nicht in der Nähe von Oefen getrocknet werden, damit der Gyps Zeit zum Abbinden hat, anderenfalls wird er nicht fest und auch nur sehr schwer trocken. Alter, getrockneter Gyps darf nie wieder verwendet werden.

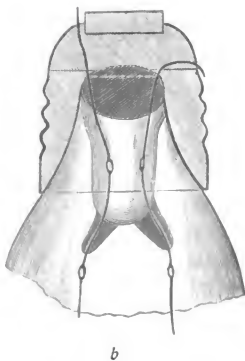
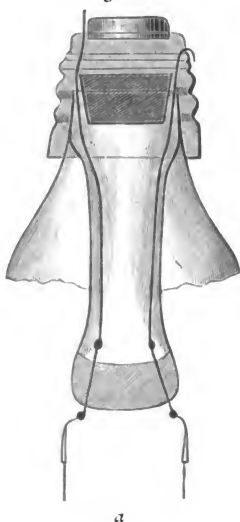
Fabriken, die den Platindraht nicht in Form von Oesen einschmelzen, löthen den Kupferdraht nicht an, sondern vereinigen die beiden Metalle einfach durch Zusammenschmelzen in einer kleinen Stichflamme. Be-

sonders macht Edison hiervon auch Gebrauch bei seiner Construction, in welcher nur ganz kurze Platindrähte zur Verwendung kommen, welche an beiden Enden sich in Kupferdrähte fortsetzen. Die Fig. 30 und 31 zeigen verschiedene Constructionen dieser Theile, welche nach dem Gesagten ohneweiters verständlich sind. Nach dem Eingypsen und Löthen lässt man die Lampen mindestens drei, womöglich acht Tage trocknen und lackirt dann alle Theile des Gypses, welche von den Contacten nicht bedeckt sind, damit sie vor Feuchtigkeit ferner geschützt werden.

14. Lager und Versand.

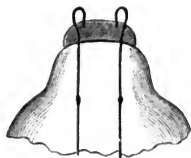
Die Aufbewahrung der fertigen Lampen erfordert einen grossen, trockenen Raum und Sorgfalt beim Einlegen. Kleinere Vorräthe kann man lose in Regalen oder in durchlöcherten Brettern unterbringen, auch wohl in Cartons, die gleich zum Versand dienen sollen; eine grosse Fabrik ist

Fig. 30.

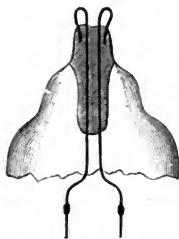


jedoch genöthigt, ein ganz musterhaftes Lager einzurichten, damit die Lampen nach Volt-Kerzenzahl und Contactsystemen übersichtlich geordnet werden können und auf diese Weise der Versand bei Bestellungen schnell von statten geht. Zu diesem Zwecke ordnet man Gestelle

Fig. 31.



a



b

in doppelten Reihen an, mit Gängen dazwischen. Das Gerippe dieser Gestelle wird aus schwachem T-Eisen durch Nieten und Schrauben hergestellt, so dass Abtheilungen von etwa 50 cm im Quadrat entstehen, die vom Fussboden bis an die Decke reichen. Zwischen je zwei senkrechten Ständern sind horizontale Rippen in Abständen von etwa 25 cm angeordnet, in welche Schubrahmen passen. Diese Rahmen haben circa 20 cm Höhe und in der Mitte einen Boden mit entsprechenden Löchern, so dass in jedem Rahmen fünfzig Lampen mit den Contacts nach unten hineingestellt werden können. Auf diese Weise ist es möglich, ein Lager von 50.000 bis 100.000 Stück in

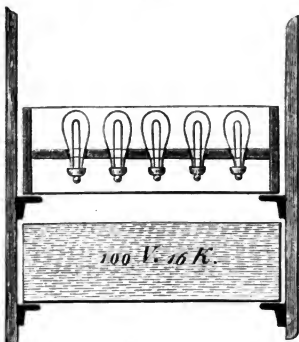
einen verhältnissmässig kleinen Raum zu bringen und doch die bestmögliche Uebersicht zu erzielen. Fig. 32 giebt eine Ansicht von dieser Einrichtung.

Das Verpacken der Lampen wird auf verschiedene Weise bewirkt. Zunächst wickelt man jede Lampe in weiches Papier und packt sie dann schichtenweise in Fässer oder Kisten mit Sägespänen. Andere haben für

die Lampen kleine Pappcartons, die dann wieder in Kisten eingelegt werden. Einen guten Schutz gegen Bruch der Gläser erzielt man auch mit Holzwolle. Neuerdings nimmt man wohl auch wellige Pappe, aus der man Hüllen bildet, welche so lang geschnitten werden, dass die Lampe allseitig geschützt ist. Diese Hüllen legt man entweder mit oder ohne Verpackungsmaterial in Kisten. Für überseeischen Transport empfiehlt es sich, zwei Kisten ineinander zu stellen, damit die Lampen beim Schiffstransport nicht leiden. Einige Procente Bruch werden bei langem Transport immer vorkommen, weniger in den Gläsern als in den Kohlenfäden, die man ja in keiner Weise vor Erschütterungen besonders bewahren kann.

Die zum Versand vom Lager entnommenen Lampen ordnet man in den Rahmen oder besonderen Fächerkasten auf langen Tafeln nach den Bestellungen. Ehe sie verpackt werden, untersucht man nochmals am besten jede Lampe, ob sie gut brennt, und sieht dabei nach, ob auch der Faden tadellos ist, d. h. ob er in seiner ganzen Länge gleichmässig glüht und fest am Platindraht sitzt. Fehlerhafte Lampen werden sofort ausgesondert. Zur Untersuchung der Lampen ist eine geeignete Vorrichtung im Versandraum anzubringen, welche es gestattet, entweder eine grössere Zahl von

Fig. 32



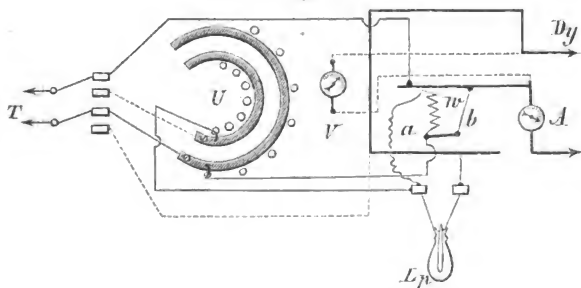
Lampen auf einem Rahmen zugleich zu brennen, oder jede Lampe einzeln in die Hand zu nehmen und ihr mit Hilfe einer beweglichen Leitungsschnur Strom zuzuführen. Für diese Zwecke ist ein in weiten Grenzen regulirbarer Widerstand und ein Voltmeter nöthig, auch bringt man etwa 100 Fassungen der gebräuchlichsten Systeme auf einem Rahmen an, so dass man etwa in jeder Reihe zehn Lampen eines Systems einschalten kann.

15. Die Brennstation.

Es liegt in der Natur der Sache, dass man die Glühlampe auf ihre Haltbarkeit nur durch praktische Proben prüfen kann. Diese Prüfung muss in jeder Fabrik mit der Fabrikation Hand in Hand gehen. Da man jedoch nicht alle zu prüfenden Lampen einer Dauerprobe von 1000 Stunden und mehr unterwerfen kann, so macht man vielfach abgekürzte „Lebensdauerproben“, indem man die Lampen mit einer gewissen höheren Spannung brennt, als für die sie bestimmt ist. Man nimmt hierzu eine bis zu 25 Procent höhere Voltzahl und schliesst aus dem Ergebniss, nach der Erfahrung, wie lange die Lampe gehalten haben würde, wenn sie mit normaler Spannung beansprucht worden wäre. So beträgt z. B. bei einer Lampe von 100 Volts 16 Kerzen die Dauer nur 18 Stunden, wenn man sie mit 125 Volts brennen lässt. Für jedes Fadenmaterial und für jedes Fabrikat sind diese Zahlen verschieden, so dass sich eine allgemeine Regel schwer geben lässt. Jede Fabrik ist daher genöthigt, durch Versuche diese Zahlen festzustellen. Dieselben geben zwar keinen absolut verlässlichen Massstab, lassen jedoch immerhin auf die Güte des Fabrikates

schliessen. Bei diesen Lebensdauerversuchen ist es sehr wichtig, jeder Lampe genau die Spannung zu ertheilen, die ihr nach der am Photometer ermittelten Voltzahl zukommt. Hierzu ist natürlich nöthig, vor jede Lampe einen besonderen Widerstand zu schalten, ähnlich denjenigen, wie sie in Capitel 10 bei der Pumpstation beschrieben worden sind. Etwa fünfzig solcher Widerstände sind in einem festen Gestell in zwei Reihen angeordnet und mit Einrichtungen versehen, um von jeder

Fig. 33.



Lampe sowohl Spannung als auch Stromstärke schnell und leicht messen zu können. Eine hierzu sehr bequeme Einrichtung ist in Fig. 33 skizzirt. V und A sind Volt- und Ampèremeter gewöhnlicher Construction, welche zum Messen des von der Maschine kommenden Stromes dienen, während zum Messen der einzelnen Lampen ein Torsionsgalvanometer T dient, das mit einem Umschalter verbunden ist, mit dessen Hilfe man links die Stromstärke und rechts die Spannung messen kann. Hiefür ist an jedem Widerstand unten ein Stück stärkerer Draht so eingeschaltet, dass er genau 0.1 Ohm

Widerstand zwischen ab hat, die Stromstärke ist dann gleich der gemessenen Spannung, dividirt durch den Widerstand des Drahtes ab . Der grosse Umschalter U ist so eingerichtet, dass man die einzelnen Lampen nacheinander behufs Messung einschalten kann. Diese Einrichtung ist zwar etwas kostspielig und complicirt, sie hat sich jedoch sehr gut bewährt und sollte in keiner guten Fabrik fehlen. Man kann nicht auf gut Glück die Lampen verkaufen, ohne auch vorher selbst sie gründlich geprüft zu haben.*)

Will man schnell eine Dauerprobe durchführen, so kann man die Lampen Nachts mit Accumulatoren und bei Tage mit Dynamo betreiben, so dass man in 42 Tagen 1000 Stunden erzielt. Ob die Lampen nur mit Dynamo oder nur mit Accumulatoren betrieben werden, ist für deren Haltbarkeit durchaus nicht gleich, da die Spannung mit letzteren entschieden viel gleichmässiger ausfällt und ein jeder Dynamostrom immerhin aus einer Reihe unterbrochener, wenn auch sehr schnell aufeinanderfolgender Ströme besteht. Eine den Verhältnissen der Praxis völlig entsprechende Probe kann heute, wo Accumulatoren noch nicht allgemein in Gebrauch sind, nur mit Maschinenbetrieb erzielt werden.

16. Die mechanische Werkstätte.

In jedem maschinellen Betriebe kommen häufig nicht nur Reparaturen, sondern auch Veränderungen vor, oder es sind Neuerungen herzurichten. Zur Ausführung dieser Arbeiten braucht man einige Drehbänke und sonstige

*) Ueber die Lebensdauer sind interessante Mittheilungen im zweiten Theile dieses Bandes zu finden.

Einrichtungen für gröbere Mechaniker- und Schlosserarbeiten. Mitunter sind auch Metalltheile in grösseren Mengen für die Contacte der Lampen oder ganze Fassungen anzufertigen. Zu diesen Arbeiten bedarf man einer Presse, um diese Theile mit einem Schnitt auszustanzen. Ein kleines Schmiedefeuer dient zur Anfertigung oder Ergänzung von Werkzeugen. Eine dauernde Arbeit erfordern die Zieheisen, welche einen tüchtigen Mechaniker vollauf in Anspruch nehmen. Für das Schneiden und Biegen der Platin- und Kupferdrähte sind kleine Schneide- und Biegemaschinen nöthig. Auch die Maschinen der ganzen Fabrik sind allwöchentlich einer eingehenden Besichtigung und eventuellen Reparatur zu unterziehen, damit Störungen im Betriebe nach Möglichkeit vermieden werden. Für Reparatur von Messinstrumenten und feineren Apparaten ist ein besonderer Raum vorzusehen, in welchem feinere Werkzeuge für Uhrmacher und Feinmechaniker vorhanden sind, mit deren Hilfe man kleinere Reparaturen schnell ausführen kann, sofern man nicht vorzieht, dieselben vom ursprünglichen Lieferanten des Apparates machen zu lassen. Am besten betreibt man Drehbänke und Gebläse mit Dampfmaschine oder, wo dies nicht möglich ist, auf elektrischem Wege.

17. Die Reparatur defecter Glühlampen.

Besonders in grossen Betrieben und bei der Beleuchtung von Schiffen kommt es vor, dass Lampen äusserlich beschädigt und dadurch für den Betrieb unbrauchbar werden.

Die Herstellung solcher Lampen ist jedoch natürlich nur dann schnell und ohne besondere Vorkehrungen

möglich, wenn der Kohlenfaden und der Platindraht nicht gebrochen und der Glaskörper noch unverletzt ist. Man hat also zunächst in dieser Hinsicht die Lampen genau zu besichtigen. Ist dies durch Augenschein allein nicht möglich, so nimmt man ein Galvanoskop zu Hilfe und überzeugt sich damit unter Einschaltung eines galvanischen Elements, ob der Faden mit den Drähten überhaupt Strom durchlässt.

Mitunter sind die Löthstellen an den Contacten gelöst, oder die an den Platindrähten befestigten kurzen Kupferdrähte sind lose geworden oder gebrochen. Dies tritt besonders ein, wenn die Gläser in dem Gypskitt der Contacte sich gelöst haben. In solchen Fällen entfernt man den Contact, säubert ihn vom Kitt und gypst ihn wieder an, nachdem man die Drähte zusammengelöthet hat.

Alle diese Arbeiten erfordern viel Vorsicht und eine sehr sichere Hand, weil man anderenfalls die Glasbirne leicht verletzt und so das Vacuum zerstört. Ist der Platindraht dicht am Glas abgebrochen, so gelingt es in den seltensten Fällen, die Lampe noch zu retten. Selbst wenn der Stumpf noch so lang ist, dass man ein Stück dünnen Kupferdraht anlöthen kann, so pflegt die hierbei stattfindende unvermeidliche Erwärmung feine Haarrisse im Glase zu erzeugen, die Luft dringt in den Ballon ein, und beim Einschalten der so mühsam geflickten Lampe geht der Kohlenfaden entweder sofort oder doch sicher in wenig Stunden zugrunde.

Hat man regelmässig eine grosse Menge von Lampen zu repariren, so lohnt es sich, einen Inductionsapparat anzuschaffen, wie er im Capitel 10 beschrieben ist. Man wird dann gut thun, jede Lampe vor der Reparatur als-

auch nach derselben auf Luftleere zu untersuchen und alle Lampen, welche sich bei dieser Probe als nicht mehr ganz luftleer erwiesen haben, vom weiteren Gebrauche völlig auszuschliessen.

Alle Lötharbeiten an den Glühlampen sollte man nur mit der in Fig. 23 abgebildeten Vorrichtung ausführen, oder wo eine solche Vorrichtung nicht zur Hand ist, wenigstens einen ganz kleinen und nicht zu heissen Kolben anwenden, damit das Springen des Glases, so weit es irgend möglich ist, verhütet werde.

Durch lange Uebung ist es möglich, Lampen, welche kein gutes Vacuum haben, dadurch herauszufinden, dass man sie der Reihe nach mit der Hand auf ihre Erwärmung prüft. Man wird auf diese Weise bald lernen, diejenigen Lampen herauszufinden, welche heisser sind als die meisten anderen. Die Temperatur des im Vacuum glühenden Kohlenfadens beträgt nach Versuchen von Dewar bei den Swan-Lampen 1900° C., während das Glas aussen meist nicht mehr als 50° warm wird; nur wo eine grosse Anzahl Glühlampen dicht gedrängt zusammen brennt, steigt die Temperatur auf 70° C.

Das Anlöthen der Kupferdrähte an die Platindrähte darf in keinem Falle unter Anwendung von Säure geschehen, weil dieselbe die Drähte oxydirt und später beim Brennen der Lampe einen elektrolytischen Process erzeugt, der unter Umständen so weit fortschreiten kann, dass der Gyps vollkommen heiss wird; es bildet sich ein förmlicher Kurzschluss, der schliesslich eine plötzliche Zerstörung der Lampe herbeiführen kann. Aus dem gleichen Grunde muss man auch nur guten, d. h. frisch gebrannten Gyps anwenden, welcher schnell abbindet und schnell und gut trocken wird, sonst erzeugt

die im Gyps zurückbleibende Feuchtigkeit ähnliche Erscheinungen; die Lampen platzen unter lebhaftem Knall und fallen schliesslich aus ihren Fassungen heraus, so dass Personen verletzt werden können.

Die Kupferdrähte biegt man am besten zu kleinen Haken um, die man gut verzinnt und in deren Biegung man ein wenig Zinn haften lässt, so vorbereitet, hält man sie an den Platindraht und nähert sie dem Löthbolzen; die Vereinigung erfolgt sehr schnell, und man kann ohne grosse Erwärmung die Löthung ausführen.

III. Die Anwendung der Lampen.

18. Die allgemeine Verwendbarkeit

und die grossen Vorzüge des Glühlichtes gründen sich auf die Thatsache, dass die Glühlampe sehr wenig Wärme ausstrahlt, die Luft nicht durch Verbrennungsproducte verdirbt und die Feuersgefahr auf ein Minimum beschränkt.

Die Wärmeentwicklung beträgt nämlich nur 290 bis 536 Calorien, während der Gas-Argandbrenner 4860 und ein grosser Petroleumrundbrenner 3360 Calorien entwickelt. Wachs-, Paraffin- und Stearinkerzen geben jedoch noch bei weitem mehr Wärme, nämlich 7960 bis 9700 Calorien. Da nun die Glühlampe keine Kohlensäure wie alle frei brennenden Flammen entwickelt und der leuchtende Körper im Vacuum ganz von der Luft abgeschlossen ist, so ist die Gefahr einer Entzündung der Umgebung nur sehr gering. Eine solche kann nämlich nur stattfinden, wenn explosible Stoffe die Lampe dicht umgeben und der Glasballon bricht, während die Lampe glüht, oder wenn die Lampe sich nicht genügend abkühlen kann. Wie Versuche ergeben haben, ist auch diese Gefahr so gut wie ausgeschlossen, hauptsächlich kann man daher auch die Glühlampe in Pulver-

fabriken, Brennereien etc. sehr gut verwenden, indem man zur höheren Sicherheit die Lampe noch mit einer Schutzglocke umgiebt.

Die Einführung des elektrischen Glühlichtes in alle Zweige der Industrie, Technik, für wissenschaftliche Zwecke und in die Häuslichkeit hat sich daher zufolge seiner guten Eigenschaften sehr schnell vollzogen. Es sollen hier nicht alle die verschiedenen Verwendungen, welche die Lampe gefunden hat, aufgeführt werden, da es heute nicht mehr nöthig ist, von den Vortheilen und der Nützlichkeit dieser neuen Beleuchtungsart zu sprechen, sondern es sollen hier nur einige für besondere Zwecke werthvolle Neuerungen oder zweckmässige Anordnungen besprochen werden. Wie zweckmässig die Glühlichtbeleuchtung heute ist, zeigt am besten die kürzlich von der Berliner Baupolizei erlassene Vorschrift, dass alle grösseren Theater allein mit elektrischem Licht zu erhellen sind und Gas für Theater mit mehr als 800 Plätzen nicht mehr angewendet werden darf.

Die durch das Glühlicht in hohem Masse erreichte Feuersicherheit beruht jedoch nicht allein auf den guten Eigenschaften der Lampe selbst, sondern vor Allem auch auf den die Erwärmung der Leitungen verhindernden Sicherheitsvorrichtungen, deren Wesen hier erläutert werden soll.

19. Berechnung der Leitungen.

Zunächst berechnet man alle Leitungen derart, dass bei normalem Betriebe eine Erwärmung der Drähte nicht stattfinden kann. Die Berechnung erfolgt nach der

Formel $T - t = \frac{C \times J^2}{r^3 H}$, worin

- t = Lufttemperatur,
 T = Drahttemperatur,
 J = Stromstärke,
 r = Radius des Drahtquerschnittes,
 C = Constante = 2,
 H = Leitungsfähigkeit des Kupfers = 57.

Als Maximum pfl egt man 2 Ampères pro Quadratmillimeter Leitungsquerschnitt zu nehmen und die Berechnung so einzurichten, dass die zur Anwendung kommenden mittleren Drahtstärken sich nicht mehr als 3.77° C. erwärmen.

Um den erforderlichen Querschnitt für eine gewisse Lampenzahl zu ermitteln, verwendet man vielfach die

Formel $Q = \frac{200 \times l \times m}{p \times r \times k}$, worin

- l = einfache Entfernung von der Abzweigung,
 p = Procente Verlust in der Leitung in Volts,
 r = Widerstand (heiss) der Lampe,
 k = 57 = Leitungsfähigkeit des Kupfers.

Der Widerstand der heissen Lampe ist bei den verschiedenen Spannungen, für welche die Lampe bestimmt ist, und für die verschiedenen Kerzenstärken verschieden, wie man dies aus den Tabellen S. 146 ersehen kann. Man pfl egt daher der Rechnung den Widerstand einer 16kerzigen Lampe von 100 oder von 65 Volts, je nach der zur Anwendung kommenden Spannung, zu Grunde zu legen. Ist z. B. $r = 140$ Ohms, so vereinfacht sich die Formel auf $Q = \frac{l \times m}{p \times 40}$; p pfl egt man je nach Umständen gleich 10, 5, $2\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$ Procent zu nehmen.

Diese Formel ist richtig:

bis zu 147·2 *m* bei 10 Procent Verlust für 16kerzige Lampen,

<i>n</i>	<i>n</i>	73·6 <i>m</i>	<i>n</i>	5	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>
<i>n</i>	<i>n</i>	36·8 <i>m</i>	<i>n</i>	2½	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>

Man kann auch die Querschnittsberechnungen der Leitungen derart vornehmen, dass man den Widerstand der Leitungen gleich ein Fünftel oder ein Zehntel des Widerstandes der im Abzweig liegenden Lampen nimmt, respective dass man den Spannungsverlust zu Grunde legt. In diesem Falle ist $d = i \cdot w = 0\cdot016 \frac{il}{q}$ oder

$$q = 0\cdot016 \cdot \frac{il}{d}, \text{ worin}$$

i = Stromstärke in Ampères,

l = gesammte Leitungslänge in Meter,

d = Spannungsverlust in Volts,

w = Widerstand in Ohms,

q = Querschnitt in Quadratmillimeter.

Zur Erleichterung dieser oft sich wiederholenden Rechnungen hat man mehrfache Hilfsmittel ersonnen, z. B. Tabellen, welche eine Uebersicht geben über Spannungsverlust, absorbirte Kraft und Erwärmung bei gewisser Stromstärke und Drahtstärke;*) ferner eine graphische Tabelle, aus welcher man den Spannungsverlust für die verschiedenen Stromstärken und Leitungslängen leicht ablesen kann.***) Sehr bequem ist auch Epstein's Drahtlehre.***)

*) Siehe Uppenborn's Kalender 1889, S. 90 bis 92.

**) Siehe Strecker's Hilfsbuch 1888, S. 41.

****) Zu haben: Berlin, Polytechnische Buchhandlung. Sehr ausführlich behandelt dieses Thema Hermann Claudius' „Zeitschrift für Elektrotechnik“, Wien 1889, S. 241.

20. Bleisicherungen.

Nicht nur die richtige Dimensionierung der Leitungen schützt vor Erwärmung, sondern vor Allem auch die richtige Anwendung von Bleisicherungen oder dieselben ersetzenden selbstthätigen Ausschalter.

Diese Sicherungsvorrichtungen verhindern, im Falle eines Kurzschlusses der Leitungen, die übermässige Steigerung der Stromstärke in denselben, sie müssen also in dem Augenblicke sicher in Wirkung treten, wo die Stromstärke derart angewachsen ist, dass bei längerer Dauer des zu starken Stromes die Leitung anfängt, sich zu erwärmen.

Um diesen Zweck zu erreichen, wendet man fast allgemein die Bleischaltungen an, welche einen der Draht-, respective Stromstärke entsprechenden Bleidraht enthalten, dessen Querschnitt und Länge so bemessen ist, dass er bei der gewissen Stromstärke schmilzt und dadurch die Leitung unterbricht. Man nimmt hierzu, wie dies z. B. Siemens thut, reines, weiches Blei in viereckigen Streifen. Bis zu 3 Ampères genügt $\frac{1}{2} mm^2$ Bleiquerschnitt, im Allgemeinen rechnet man 6 Ampères auf $1 mm^2$ Bleiquerschnitt. Als Länge der Bleistreifen nimmt man für 1 bis 6 Lampen 25 bis 30 mm, für mehr Lampen 40 bis 50 mm an. Auf dieser allgemeinen Basis sind die Bleisicherungen von Siemens & Halske construiert; die Dimensionen der Bleistreifen in denselben ergibt die nachstehende Tabelle:

$$q = \frac{J}{6} = 1.667 \cdot J$$

$$d = 1.45 \sqrt{J}$$

$$J = 0.472 d^2.$$

Alle Streifen sind aus gewalztem Bleiblech von 1 mm Stärke angefertigt.

Ampères	Breite	Länge
	des Bleistreifens in Millimeter	
6	1	45
9	1·5	45
12	2	45
15	2·5	45
18	3	45
21	3·5	45
24	4	45
27	4·5	45
30	5	45
33	5·5	45
36	6	45
39	6·5	45
42	7	45
45	7·5	65
48	8	65
51	8·5	65
54	9	65
57	9·5	65
60	10	65
66	11	65
72	12	65
78	13	65
84	14	65
90	15	65
96	16	65
102	17	65

Ampères	Breite	Länge
	des Bleistreifens in Millimeter	
108	18	65
114	19	65
120	20	65
130	2 × 11	65
140	2 × 12	65
150	2 × 13	65
160	2 × 14	65
170	2 × 14·5	65
180	3 × 10	65
190	3 × 11	65
200	3 × 11·5	65
210	3 × 12	65
220	3 × 12·5	65
230	3 × 13	65
240	3 × 13·5	65
250	3 × 14	65
260	3 × 14·5	65
270	3 × 15	65

Edison verwendet eine Legirung aus 60 Procent Blei und 40 Procent Zinn, aus welcher runder Draht von nachstehenden Stärken gezogen wird:

Bei Lampenzahl	Stärke des Bleidrahtes	
	Millimeter	B. W. G. Nr.
3	0·58	24
6	0·84	21
9	1·07	19
12	1·22	18
15	1·68	16
20	2·14	14

Bei Lampenzahl	Stärke des Bleidrahtes	
	Millimeter	B. W. G. Nr.
25	2.28	14
30	2.42	13
35	2.60	13
40	2.82	12
60	3.11	11

Vielfach wendet man jedoch auch einen bis drei solcher Drähte von entsprechendem Querschnitt anstatt eines stärkeren an. Die Drähte werden circa 30 mm lang in

Fig. 35.

Fig. 34.



Fig. 34a.



Glaspfropfen eingelöthet, welche unten und seitwärts kupferne Contacte haben. Fig. 34a zeigt einen solchen Bleipfropfen im Querschnitt. Der schraffierte Theil war bisher aus Holz, ist jedoch neuerdings aus Glas hergestellt. Unten ist eine kleine Kupferplatte *CD* angegypst, während der als Gewinde gestaltete Mantel *AB* den zweiten Contact bildet. Der Bleidraht ist zwischen *N* und *P* angelöthet. Die Befestigung des Bleidrahtes von Siemens wird wie in Fig. 35 bewirkt. Der Bleistreifen *NP* ist durch ein Glasröhrchen *LG* gezogen und mit Gyps in Gestalt eines abgestumpften Kegels umgossen, so dass ein handlicher Pfropf entsteht. Nebestehende Tabelle zeigt die Abmessungen der Bleistreifen in den Gypspfropfen.

Lampenzahl à 16 Normalkerzen	Querschnitt d. Blei- streifen in Millimeter	Drahtstärke in Millimeter
3	0.45×0.4	1.3
6	0.85×0.4	1.7
9	1.25×0.4	2
15	2.00×0.4	2.5
20	3.00×0.4	3
25	1.80×0.95	3.5

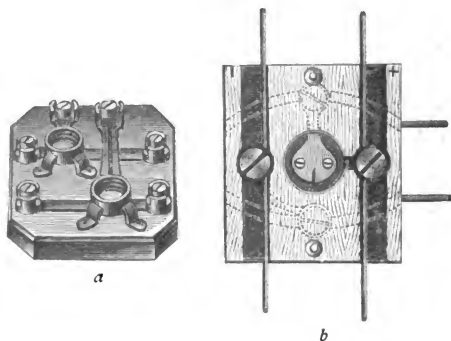
An den Enden sind die Bleistreifen bedeutend breiter, damit sie in der Bleischaltung sicheren Contact erzeugen. Die Anwendung dieser Bleipropfen in den Bleischaltungen soll weiter unten erläutert werden. Wenden wir uns zunächst den Grundsätzen zu, welche für die Einschaltung der Bleisicherungen in die Leitungen maassgebend sind.

Die Bleisicherungen dienen, wie schon gesagt, lediglich zum Schutze der, von der Maschine aus gerechnet, hinter ihnen liegenden Leitungen, indem sie bei in der Leitung eingetretenem kurzen Schluss abschmelzen und so diese vor Warm- oder Glühendwerden bewahren.

Wer ein einzigesmal gesehen hat, welche verheerende Wirkung der Mangel einer Bleischaltung hervorbringt, dem wird für alle Zeiten die Nothwendigkeit derselben einleuchten. Die Drähte werden beim Kurzschluss im Augenblick auf ziemlich lange Strecken glühend, und die Umspinnung verkohlt. Verfasser hat mehrfach in Concertlocalen beobachtet, wie die metallenen Kronen, welche die Glühlampen trugen, Veranlassung zum Kurzschluss gaben, so dass in einem Falle schliesslich die Fassungen verbrannten und das geschmolzene Metall herabfiel.

Es folgt aus diesen Erwägungen und Erfahrungen, dass jeder Abzweig eines Leitungsnetzes, welcher einen anderen, also geringeren Querschnitt als die Leitung hat, von der er abzweigt, durch eine Bleisicherung zu schützen ist, oder dass man bei gleichbleibendem Leitungsquerschnitt jeder grösseren Lampengruppe eine Bleisicherung vorschaltet. Den einzelnen Lampen setzt

Fig. 36.



man nur da eine Bleisicherung vor, wo sie von einer viel stärkeren Leitung direct allein abzweigen.

Die einpoligen Bleisicherungen sollte man nur beim Einleitersystem, wie es auf eisernen Dampfeln üblich ist, anwenden, überall da aber, wo man wie am Lande doppelte Leitungen hat, soll man auch zweipolige Schaltungen nehmen.*) Es ist nicht ausgeschlossen, dass

*) Siehe auch J. Zacharias: „Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen“, S. 209 bis 213, A. Hartleben, Wien, und „Zeitschrift f. Elektrotechnik“, Wien 1889, S. 510 bis 515.

bei Anwendung einpoliger Bleisicherungen die nicht gesicherte Leitung durch irgend einen Umstand Kurzschluss z. B. durch starken Erdschluss erhält und der gleiche Pol nahe der Dynamo auch Erdschluss hat. Zwischen beiden Punkten herrscht mitunter bis 5 Volts und mehr Spannungsdifferenz, so dass ein Heisswerden des Drahtes nicht ausgeschlossen ist.

Die besondere Einrichtung der Bleischaltungen ist aus den vorstehenden Figuren ersichtlich. Fig. 36a zeigt

eine doppelpolige Sicherung mit einfach einseitiger Abzweigung, während Fig. 36b eine einpolige Schaltung darstellt, beide sind für Schraubenstöpsel eingerichtet. Wo mehrere Leitungen von einer Hauptleitung abzweigen, wie dies z. B. bei Hausanschlüssen fast

Fig. 37.

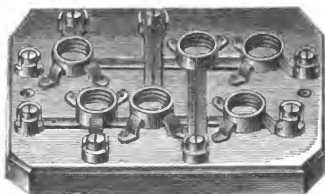
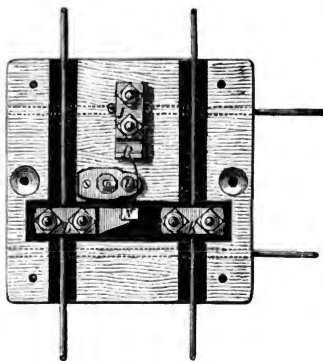


Fig. 38.

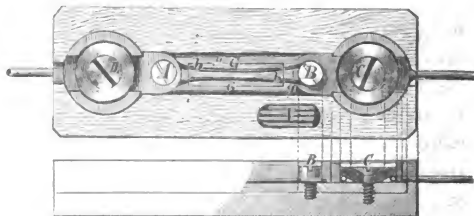


immer der Fall ist, lässt man die Hauptleitung in zwei flache Schienen endigen wie in Fig. 37. Passend gestaltete Brücken mit Gewinden dienen zur Aufnahme der Bleistöpsel. Um die Verwechslung der nur in zwei Grössen angewendeten Schraubenstöpsel zu verhindern,

hat Siemens dem Bleipfropfen Fig. 35 eine Vertiefung n gegeben, welche in der Bleischaltung Fig. 38 auf den Zapfen n passt. Zapfen und Loch erhalten je nach der Stärke des Bleistreifens sieben verschiedene Stellungen, so dass immer nur ein gewisser Pfropfen darauf passt. Der Bleistreifen, welcher mit seinen Enden aus dem Gypspfropfen hervorragt, bildet zwischen N und P die Leitung.

Bleistreifen, die für mehr als 100 Lampen dienen sollen, pflügt man nicht mehr in runden Pfropfen unter-

Fig. 39.



zubringen, sondern man befestigt sie in geeigneten Klemmen, wie z. B. in Fig. 39. Die Drähte der Leitungen endigen hier in den Schrauben C und D , während der Bleidraht G durch die Schrauben A und B festgeklemmt wird.

Eine andere Einrichtung, welche von den zuvor beschriebenen wesentlich abweicht, hat Cockburn erdacht. Von der Thatsache ausgehend, dass die gewöhnlichen Bleistreifen nicht immer exact schmelzen oder, wenn man sie sehr genau bemisst, zu früh schmelzen, hat der Genannte durch ein mechanisches Hilfsmittel die sichere Function der Bleistreifen bis auf 5 Procent

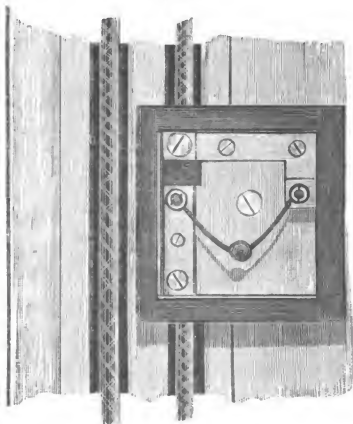
Genauigkeit erzielt. Die Bleidrähte sind mit ihren Enden Fig. 40 um messingene Ringe geschlungen und daran festgelöthet. In der Mitte jedes Bleistreifens ist ein kleines Bleigewicht festgeklemmt, das so bemessen ist, dass es bei gewisser Temperatur des Drahtes denselben durch seine Schwere zeitig zerreisst. In Fig. 41 ist die Verwendung des Bleistreifens in der Bleischaltung dargestellt. Damit die Streifen auch bei grösseren Stromstärken sicher wirken, wendet man nicht nur einen Draht von entsprechendem Querschnitt an, sondern es werden deren mehrere nebeneinander geschaltet. *)

Vielfach, besonders in England, gebraucht man auch ganz dünne Streifen aus einer Zinnlegirung, von welchen mehrere unter Zwischenlegen von Glimmer zu einem Schmelzstreifen vereinigt werden. Es ist dies die Construction von Hedges in London, welcher diese Schmelz-

Fig. 40.



Fig. 41.



*) Siehe „Electrical Review“, London 1888, S. 124 und 137.

streifen hauptsächlich für starke Ströme anwendet. Die Genauigkeit der Wirkung soll 2 Procent betragen.

Die Erfahrung lehrt, dass Bleidraht, welcher an der Oberfläche oxydirt ist, schon vor dem Schmelzen zum Glühen kommt. Es ist daher besser, nicht reines Blei, sondern eine Legirung zu verwenden, welche dem Oxydiren weniger ausgesetzt ist. Das Blei soll bei 335° C. schmelzen. Mit der Zeit verändert sich jedoch dieser Schmelzpunkt, so dass man gut thut, die Bleisicherungen beständig zu überwachen und nöthigenfalls die Bleistöpsel auszuwechseln. Es ist auch nicht gleichgiltig, welche Querschnittsform die Bleistreifen haben und welche Anzahl man vielleicht an Stelle eines einzigen von gleichem Querschnitt anwendet, da die Abkühlung der Oberfläche verschieden ist. Hermann Claudius*) ermittelt die Stärke des Bleidrahtes unter der Annahme, dass 1 *m* Bleidraht von 1 *mm*² Querschnitt bei $15\frac{1}{2}^{\circ}$ C. 0.1985 Ohms Widerstand hat, so dass der Coëfficient für die Wärmeformel 7.7231 ist. Mit Hilfe desselben berechnet er den Querschnitt für die verschiedenen Stromstärken so, dass der Draht sich auf 335° C. erwärmt.

Er erhält so die Formel $A^0 = \frac{J^2 \cdot 7.7231}{D^3}$, worin

A^0 = Anzahl Grade über der Lufttemperatur

J = Stromstärke

D = Durchmesser des Drahtes, mithin ist

$$D = \sqrt[3]{\frac{J^2 \cdot 7.7231}{335}}$$

*) „Zeitschrift für Elektrotechnik“, Wien 1889, S. 299.

Die Frage der Bleisicherungen kann nach dem eben Gesagten wohl noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden, und sollen daher auch noch die Resultate von Versuchen der Herren Drexler und Winkler in Wien hier kurz aufgeführt werden. Zur Berechnung der Temperatur diene die Formel $T = C \delta^2 d$, worin δ die Stromdichte, d der Drahtdurchmesser und C eine Constante.

Durch sorgfältige praktische Versuche wurden die Ergebnisse der umstehenden Tabelle (S. 110) ermittelt.

Die thatsächlichen Beobachtungen sind durch stärkeren Druck hervorgehoben. Man findet eine fast einheitliche Constante von 0.65, welche zur Berechnung der Zwischenwerthe benutzt ist. Unter der Voraussetzung, dass man Bleisicherungen bis zu einer Stromdichte von $\delta = 10$ noch vortheilhaft verwenden kann, ergibt sich für Kupferdrähte von 7 bis 10 mm Durchmesser die Stärke des Bleidrahtes für eine Sicherung $q = 0.3 Q$; und für Sicherungen, in denen 5 mm Bleidraht nicht mehr genügt, $q = \frac{1}{5} q$, d. h. der Querschnitt der Bleisicherung soll ein Fünftel des Querschnittes der Kupferleitung betragen.

Auf Grund der obigen Versuche ist nun die umstehende Tabelle (S. 111) zusammengestellt worden, aus welcher man die für jeden Leitungsdraht zur Sicherung erforderliche Bleidrahtstärke entnehmen kann.

Bei all diesen Schmelzvorrichtungen verursachen einige Umstände zuweilen grössere Abweichungen vom normalen Schmelzpunkt. Zunächst ist es sehr wichtig, Metall zu verwenden, welches im Schmelzdraht keine fremden Beimischungen enthält, also reines Blei, reines Zinn etc. Auch die Abkühlung spielt eine grosse Rolle.

Querschnitt in Quadrat- millimeter	Maasse oder Durchmesser in Millimeter	Innerhalb fünf Secunden ab- geschmolzen	Berechnete, beziehung- weise an- genommene "Constante"
0.08	4×0.02	4	50
0.16	4×0.04	6.2	31
0.2	0.5	8.7	29
0.3	0.6	10.8	26.9
0.4	0.7	12.7	25.4
0.5	0.8	14.2	23.7
0.6	0.9	16.1	23
0.7	0.95	18	23
0.79	1	19.4	23
0.9	1.09	21.2	21.6
1	1.13	21.2	21.2
1.25	1.26	20.1	20.1
1.50	1.38	19.4	19.4
1.76	1.5	18.5	18.5
2	1.6	17.8	17.8
2.5	1.8	16.8	16.8
3	1.96	16.1	16.1
3.14	2	15.9	15.9
3.5	2.11	15.5	15.5
3.75	2.19	15.2	15.2
4	2.26	15	15
4.5	2.4	14.5	14.5
4.9	2.5	14.4	14.4
5.5	2.65	13.8	13.8

Querschnitt in Quadrat- millimeter	Maasse oder Durchmesser in Millimeter	Innerhalb fünf Secunden ab- geschmolzen	Berechnete, beziehung- weise an- genommene "Constante"
6	2.77	81	0.65
6.5	2.88	86.5	0.65
7.1	3	92	$C = 0.66$
7.5	3.10	96	0.65
8	3.20	100.8	0.65
8.5	3.30	105.4	0.65
9	3.40	109.8	0.65
9.6	3.50	112	0.69
10	3.57	119	0.65
10.5	3.66	122.8	0.65
11	3.75	127.6	0.65
11.5	3.83	132	0.65
12	3.91	136	0.65
12.6	4	138	0.69
13	4.07	144	0.65
13.5	4.15	149	0.65
14	4.23	153	0.65
14.5	4.30	157	0.65
15	4.38	160	0.65
16	4.52	170	0.65
17	4.66	177	0.65
18	4.79	184	0.65
19	4.92	192	0.65
19.6	5	197	0.65

Leitungsdraht		Zulässige Betriebs-Stromdichte	Wirkliche Betriebs-Stromstärke	Grösste erlaubte Stromstärke im Augenblicke des Wirkens der Sicherung	Sicherungs-3'eidraht	
mm	mm ²				mm ²	mm
d	q	A m p è r e s			q ₁	d ₁
0.5	0.2	5	1	2	0.04	2 × 0.02
0.8	0.5	5	2.5	5	0.12	0.4
1	0.79	5	3.9	7.8	0.25	0.5
2.2	1.13	5	5.6	11.2	0.45	0.67
1.8	2.54	5	12.7	25.4	1.25	1.26
2	3.14	5	15.7	31.4	1.60	~ 1.5
2.5	4.9	5	24.5	49	3.10	2
3	7.06	5	35.3	70.6	4.9	2.5
3.5	9.62	4	38.5	77	5.75	2.7
4	12.56	4	50.2	100.4	8	3.2
4.5	15.9	4	63.6	127.2	11	3.75
5	19.63	4	78.5	157	14.5	4.3
5.5	23.75	4	95	190	19	4.9
6	28.27	4	113.5	226.2	21.5	5.2
6.5	33.18	3	99.5	199	19.6	5
7	38.48	3	115.4	230.8	12.8	4
7.5	44.17	3	132.5	265	13.7	4.2
8	50.26	3	150.8	301.6	16.7	4.6
8.5	56.75	3	170.2	340.4	18.9	4.9
9	63.62	3	190.9	381.8	21.2	5.2
9.5	70.88	3	212.6	425.2	23.6	5.5
10	78.53	3	235.6	471.2	26.1	5.77
10.5	86.59	2	173.1	346.2	18	4.8
11	95.03	2	190.1	380.2	19	4.9
11.5	103.87	2	207.7	415.4	21	5.2
12	113.1	2	226.2	452.4	23	5.5

Liegen die Schmelzdrähte zwischen grossen, massiven Klemmen, so kühlen sie sich schneller ab, schmelzen also nicht so leicht, und umgekehrt, sind sie von der

Luft durch Gyps oder Schellack abgeschlossen, so kühlen sie sich langsamer ab, schmelzen daher sicherer.

Hauptsache bei allen Sicherheitsschaltungen ist immer ein guter Contact der Leitungen mit den Klemmen der Bleischaltungen. Ist dieser Contact mangelhaft, so entstehen nicht allein namhafte Spannungsverluste von 1 bis 5 Volts in einer Schaltung allein, sondern auch starke Erhitzung aller Metalltheile, die sich so weit steigern kann, dass die etwaige hölzerne Unterlage in Brand geräth.

Neuerdings macht man in Folge dessen die Blöcke, auf welchen die Klemmen der Bleischaltungen befestigt werden, aus Schiefer, Steingut oder Porzellan, die auch nicht wie Holz feucht werden können.

21. Schutzglocken.

So gross auch die Sicherheit der Glühlichter zufolge der Eigenschaften der Glühlampen und der Anwendung der Bleischaltungen sein mag, ist man doch unter Umständen genöthigt, die Lampen noch mit einer besonderen Schutzglocke zu versehen. Besonders, wenn explosive Gase die Lampen umgeben, zündet der glühende Kohlenfaden im Augenblick, wo die Glasbirne zerbricht.*)

Lieutenant Hutchins der United States Marine hat mit den verschiedensten Gasen Versuche angestellt, welche alle mehr oder weniger schnell entzündet wurden. Bei Versuchen, welche Verfasser mit Schiessbaumwolle machte, erfolgte keine Entzündung, weil der Faden jedesmal nicht mehr glühte, wenn die Schiessbaumwolle denselben berührte, während die Gase schneller eindringen.

*) Siehe „Electrical Review“, London 1888, S. 705.

Nicht nur, dass die Glasbirnen durch Zufall von aussen zerstört werden, sondern auch zum Theil noch nicht ganz aufgeklärte Umstände führen mitunter ein explosionsartiges Platzen der Gläser herbei. Werden Lampen von zu geringer Spannung eingesetzt, oder steigt die Spannung plötzlich sehr stark durch irgend welche Umstände, so schmilzt mitunter der Platindraht in der Lampe, deren Glas wird durch die Hitze zersprengt und die Kugel von innen mit Kohle oder verflüchtigtem Platin spiegelartig belegt.

Zwei höchst charakteristische Fälle, wie auch die Glasbirnen mitunter Löcher bekommen, ohne dass eine erkennbare Ursache eingetreten wäre, will ich nachstehend noch mittheilen.*)

Bei einer Bernstein-Lampe von 32 Normalkerzen, von denen je zwei neben- und je zwei hintereinander geschaltet waren, fand eine Einstülpung des Glases statt wie in Fig. 42. Wie dies geschehen ist, war leider nicht beobachtet worden. Erklären lässt sich dieser Vorgang auf verschiedene Weise. Wahrscheinlich bildete sich nach dem

Fig. 42.



*) Siehe „Electrical Review“, London 1888, S. 118 und 432

Zacharias. Die Glühlampe.

Brechen des Fadens zwischen dessen Enden ein Lichtbogen, welcher das Glas so stark erhitzte, dass die Luft die Glaswand eindrückte. Die Lampe war innen völlig geschwärzt. Umgekehrt fand bei einer Schuyler-Lampe eine Ausstülpung des Glases statt wie in Fig. 43. Die Lampe hat 13 Volts, 9·7 Ampères und 50 Normal-

Fig. 43.



kerzen. Sie war bereits über 100 Stunden ohne Anstand in Betrieb gewesen, als plötzlich der Faden brach und die Ausstülpung erfolgte. Es ist nicht anzunehmen, dass hier etwa noch in der Glasbirne Luft vorhanden war, die sich hätte so stark ausdehnen können, sondern es mag vielmehr eine Entladung wie bei einer Leydnerflasche stattgefunden haben.

Diese Thatsachen nöthigen also dazu, je nach Umständen Schutzglocken anzuwenden, die entweder nur staubdicht oder auch luftdicht sein müssen, je nach dem Orte der Verwendung und nach Art des Betriebes, dem sie dienen sollen. Unter den zahlreichen Constructions, welche man für diesen Zweck ersonnen hat, sollen nur zwei sehr einfache, aber praktische hier Erwähnung finden. Wo es nur auf Staumdichte, wie z. B. in Mühlen, ankommt, setzt man die eiförmige Schutzglocke mit dem oberen Rande in eine Kappe, deren aufgeschraubter Deckel einen Gummiring enthält, welcher beim Niederschrauben den Glasrand fest andrückt. Fig. 44 zeigt

eine solche Schutzglocke, welche noch durch einen Drahtkorb gegen zufällige Beschädigungen geschützt ist. Eine absolut luftdichte Schutzglocke*) ist in der Fig. 45 dargestellt. Der Abschluss der Schutzglocke ist hier durch einen starken Gummiring bewirkt, der in einer Hohlkehle des Deckels sich befindet. Die Glocke hat am Rande auch eine entsprechende Rinne, in welche sich der Ring fest hineindrückt. Der Verschluss hat den Vorzug der Einfachheit und Billigkeit, er ist auch selbst für feuchte Räume sehr geeignet, wie z. B. für die Gärkeller von Brauereien, da die Dichtung und Befestigung der Schutzglocke ohne alle Metalltheile stattfindet.

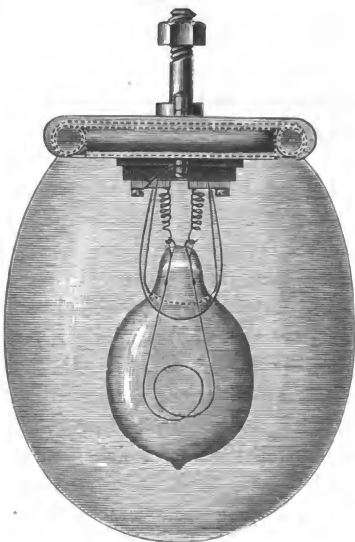
22. Erwärmung der Lampen.

Woher es eigentlich kommt, dass die Glühlampe äusserlich so wenig warm wird, habe ich

Fig. 44.



Fig. 45.



*) Siehe „Electrical Review“, London 1888, S. 65.

schon an anderer Stelle besprochen, will jedoch hier noch auf einen Umstand besonders hinweisen, der nicht immer genügend beachtet wird. Die Abkühlung der Lampe in der äusseren, die Glasbirne umgebenden Luft spielt nämlich in Bezug auf die allgemeine Erwärmung eine nicht unwichtige Rolle, desgleichen auch die Beschaffenheit der Glasoberfläche des Glasballons. Von zwei sonst ganz gleichen Glühlampen, die nebeneinander unter ganz gleichen Bedingungen brennen, wird diejenige, welche ein matt geschliffenes Glas hat, heisser werden, als die andere, welche eine gewöhnlich glatte Oberfläche besitzt. Dies erklärt sich aus zwei Ursachen: Die matte Oberfläche lässt weniger Lichtstrahlen des glühenden Kohlenfadens durchdringen als die völlig durchsichtige Glaswand, es werden bis zu 30 Procent leuchtende Strahlen in Wärme umgesetzt, und ferner circulirt die abkühlende äussere Luft an einer rauhen Fläche nicht so schnell wie an einer völlig glatten. Hieraus folgt auch, dass eine Glühlampe nur bedingungsweise in hohem Grade Feuersicherheit gewährleistet, und zwar nur dann, wenn man sie so anbringt, dass sie sich leicht und sicher abkühlen kann, oder wenn man sie mit einem Schutz umgiebt, so dass leicht brennbare Stoffe das Glas nicht berühren können. Mascart hat in dieser Beziehung interessante Versuche angestellt,*) welche meine Beobachtungen vollauf bestätigen. Um festzustellen, unter welchen Bedingungen eine Glühlampe so heiss wird, dass sie zündet, umhüllte der Genannte die Lampen mit verschiedenen Stoffen, so dass die Stoffe das Glas innig berührten. Es zeigte sich bei diesen

*) „Zeitschrift für Elektrotechnik“, Wien 1889, S. 53.

Versuchen nun Folgendes: Sehr dünner, grossmaschiger Gazestoff, wie er zu den Ballettkleidern verwendet wird, bot den Lichtstrahlen so wenig Widerstand, dass derselbe gar nicht beschädigt wurde. Bei Umhüllung mit reiner Baumwolle erfolgte eine geringe Steigerung der Temperatur, während die lockere und flockige Baumwolle sehr bald verkohlte. Dunkle oder schwarze Wollstoffe dagegen fingen an zu brennen. Für die Lichteffecte in den Theatern pflegt man die Glühlampen mit rothem und grünem Lack zu färben, oder man fertigt sie aus Glas von entsprechender Farbe; man kann bei solchen Lampen ebenfalls beobachten, dass sie bedeutend wärmer werden, als die gewöhnlich durchsichtigen Lampen. Diese Temperaturerhöhung wächst von Rubinroth anfangend durch die ganze Farbenscala, so dass man an einer Lampe mit dunkelviolettem oder schwarzem Glase sich die Finger verbrennen kann.

23. Reihenschaltung der Lampen.

Die Nebeneinanderschaltung der Glühlampen, welche zunächst die weitgehendste Theilung des elektrischen Lichtes ermöglichte, ist unter Umständen zu kostspielig, weil bei grösseren Entfernungen der Querschnitt der Leitungen zu gross wird. Man wendet daher neuerdings, z. B. bei Beleuchtung von Wegen oder Strassen, auch die Reihenschaltung an, indem man Glühlampen von etwa 25 Volts und 10 Ampères wie die Bogenlampen hintereinander verbindet. Die Leitungen für diesen Zweck können sehr lang sein, da sie geringen Querschnitt haben und der Spannungsverlust keine Rolle dabei spielt. Einmal ist derselbe bei der erforderlichen Stromstärke nicht sehr gross, und wo es sich selbst um eine Leitung von

einigen Kilometern handelt, kann man ihn durch Erhöhung der Umdrehungen der Dynamos leicht wieder einbringen. Die Lampen, welche hierzu geeignet sind, werden auf S. 120 erwähnt und sind in Fig. 46 auch abgebildet. Sie haben naturgemäss einen starken, kurzen Faden. Die Berechnung der Leitungen für diese Reihenschaltung ist dieselbe wie für Bogenlicht-Leitungen; man kann dazu die nachstehende Formel verwenden:

$$Q = \frac{100}{p} \cdot \frac{\tilde{l}}{m \cdot r \cdot k}, \text{ worin}$$

$\tilde{l}$ = ganze Leitungslänge,

m = Lampenanzahl,

r = Widerstand der Lampe (warm),

p = Procente Verlust,

$K = 57$ = Leitungsfähigkeit des Kupfers.

Für Siemens' Bogenlampen von 9 Ampères vereinfacht sich obige Formel auf $Q = \frac{\tilde{l}}{2.6 \cdot m \cdot p}$, für parallel geschaltete Bogenlampen $Q = \frac{l \cdot J}{57(E-80)}$, worin E die Spannung zwischen den Hauptleitungen.

Die Schaltung der Glühlampen hintereinander hat jedoch eine Schwierigkeit, die man neuerdings durch sehr sinnreiche Umschalter gehoben hat. Sobald nämlich der Kohlenfaden einer Lampe zerbricht oder durch längeren Gebrauch zerstört wird, würde der Stromkreis unterbrochen werden, so dass nicht allein die zerstörte Lampe, sondern alle Lampen desselben Stromkreises verlöschen müssten. Die Vorkehrungen, welche man ersonnen hat, um dies zu verhindern, sind mannigfacher Art: In amerikanischen Anlagen hilft man sich vielfach in der Weise, dass man die Drähte, welche in die Lampe

führen, kurz vor derselben einander so nahe bringt, dass sie sich beinahe berühren; man schneidet jedoch dem Strome den Weg vorläufig dadurch ab, dass man an dieser Stelle ein Stück paraffinirtes Papier bringt. Bricht dann ein Kohlenfaden, so durchschlägt der hochgespannte Strom das Papier und schmilzt die Drähte zusammen.

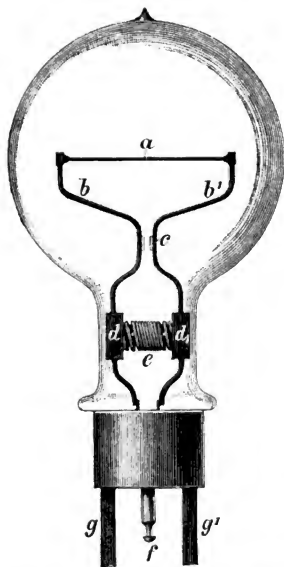
Bernstein's System.

In sehr einfacher und praktischer Weise hat Alexander Bernstein in Hamburg diese Aufgabe gelöst. Bernstein war wohl einer der Ersten, welcher eine für Reihenschaltung brauchbare Lampe herstellte. Dieselbe hatte ursprünglich einen hohlen, aus Seidenfäden geklöppelten Kohlenfaden, den später auch die Canstätter Fabrik für Lampen von hoher Spannung anwendete. Es zeigte sich jedoch, dass man aus diesem Material und bei dieser Art der Verwendung eines Gewebes keinen Faden herstellen kann, der stets bei gleichen Dimensionen auch möglichst gleichen Widerstand hat. Die Fabrikation ist daher später nach dem Eingehen der Canstätter Fabrik hauptsächlich auf Lampen geringer Spannung ausgedehnt worden. Nach langjährigen Arbeiten und Erprobung der verschiedensten Constructionen, welche alle in „Electrical World“, New-York, oder in „Electrical Review“, London, sowie auch in anderen Zeitschriften unseres Continents beschrieben worden sind, hat Herr Bernstein seiner Lampe die folgende Einrichtung gegeben.

Um Lampen verschiedener Helligkeit hintereinander schalten zu können, müssen alle Kohlenfäden für die gleiche Stromstärke bemessen sein. Es sind daher alle Lampen mit 10 Ampères für 16 bis 50 Kerzen gebaut,

die etwa 2·8 Watts per Kerze brauchen. Der Kohlenfaden (Fig. 46) bildet einen geraden Stab von geringem Widerstand, der zwischen den federnden Drähten $b\ b'$ gut befestigt ist. Bei c sind Contactplättchen angebracht,

Fig. 46.



welche sehr nahe zusammenstehen. Die zwischen den isolirenden Hülsen D befindliche Spiralfeder e zieht in dem Augenblicke, wo der Kohlenfaden a bricht, die Drähte $b\ b'$ zusammen, wodurch sicher der Kurzschluss bei c hergestellt wird, so dass eine Unterbrechung des Stromkreises nicht stattfindet. Die Wirkung der Spiralfeder e tritt ganz allmählich ein, sobald sich die Festigkeit des Kohlenstabes a nur im Geringsten ändert. So lange der Stab a unverletzt ist, hält er die Contacte c sicher auseinander. Auf diese einfache Weise ist die Bildung eines Lichtbogens in der Lampe,

welche oft deren Zerstörung herbeiführt, völlig vermieden.

Es ist bei der Reihenschaltung von Glühlampen jedoch auch nöthig, dass beim Auswechseln einer Lampe keine Unterbrechung des Stromkreises stattfinden kann. Für diesen Zweck hat Herr Bernstein eine Fassung mit

besonderem Ausschalter ersonnen (Fig. 47 und 48). Derselbe ist so eingerichtet, dass wenn die Lampe brennt, der Haken *m* die Lampe am Knopf *f* festhält. Soll die Lampe aus der Fassung entfernt werden, so muss der Hebel *m* in die Lage (Fig. 47) gedreht werden, so dass zwischen den Lampencontacten Kurzschluss entsteht. Aus dieser Stellung kann der Ausschalter erst wieder herumgedreht werden, nachdem eine Lampe eingesetzt ist, weil eine Feder bei *k₁* den Hebel *m* festhält, bis die Contactstifte *g g'* (Fig. 46) in die Hülsen *k* und *k₁* (Fig. 47) eingeschoben sind.

Die wegen ihrer hohen Spannung am Continent so viel geschmähte Brush-Dynamo ist für Reihenschaltung von Glühlampen sehr geeignet, weil der im Nebenschluss zu den Magneten liegende Regulirwiderstand die Spannung je nach der Anzahl der Lampen sehr sicher regelt, ohne dass die Geschwindigkeit des Motors sich zu ändern braucht. Der Kraftbedarf bei dieser Anordnung bleibt auch nahezu im Verhältniss zur brennenden Lampenzahl.

Siemens' Doppelausschalter.

Denselben Zweck, wie Bernstein's Einrichtung, erzielt Siemens durch einen Elektromagneten, der einen

Fig. 47.

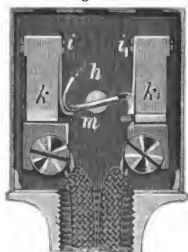
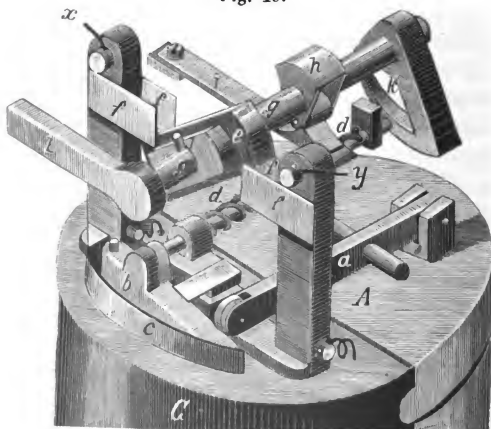


Fig. 48.



zweifachen Umschalter bethätigt. Fig. 49 zeigt die Einrichtung in perspectivischer Ansicht. In dem Gehäuse *G* befindet sich ein Elektromagnet von hohem Widerstand, dessen Windungen im Nebenschluss zur Lampe liegen. Der bewegliche Deckel *A* bildet den Anker des Magneten. An den Klemmen *x* und *y* sind sowohl die Leitungen,

Fig. 49.



als auch die Lampencontacte angeschlossen. Zwischen diesen Klemmen *x* *y* bildet einmal der Hebel *e* bei den Federn *f* oder auch das von der Feder *c* bethätigte Stück *b* einen Kurzschluss. Bricht die Kohle der Lampe, so geht mehr Strom durch den Magneten, der Anker *A* wird abwärts gezogen, und der Hebel *a* giebt das Stück *b* frei, so dass die Klemmen *x* *y* kurz geschlossen werden. Der Hebel *l* mit der Welle *g* bildet den Ausschalter,

durch dessen Drehung von Hand man den Strom vom Kohlenfaden abschalten kann. In welcher Stellung sich nun derselbe auch befinden mag, ist entweder durch *e* oder *b* Kurzschluss erzeugt, falls keine Lampe im Halter richtig sitzt oder der Faden gebrochen ist. Dies ist dadurch erreicht, dass der Stift *d* und der Excenter *k* die beiden Ausschalter voneinander abhängig machen. Ist *e* geschlossen, so drückt Stift *d* den Contact *b* ab, und ist *e* geöffnet, so giebt Stift *d* das Stück *b* frei, welches jedoch nur dann den Contact herstellt, wenn der Anker *A* angezogen ist.

Bernstein sowohl, als auch Andere haben auch Schmelzvorrichtungen angewendet, welche im Nebenschluss zur Lampe liegen. Bernstein benutzt einen besonderen Contactstöpsel, während Rotten eine kleine Büchse anwendet. Beide enthalten einen leicht schmelzbaren Stoff, der so lange isolirend wirkt, als keine Störung in der Lampe stattfindet; tritt dieselbe jedoch ein, so schmilzt der Stoff, und eine Feder drückt eine Contactplatte vorwärts, so dass beide Pole in metallische Verbindung kommen.

Es würde zu weit führen, hier alle Abänderungen, die auf obigem Princip beruhen, zu beschreiben. Es ist mir nicht bekannt, ob sie sich praktisch bewährt haben; Bernstein's zuerst beschriebene Einrichtung, sowie der Siemens'sche Ausschalter sind mit Erfolg in praktischer Anwendung.

Bernstein hatte übrigens 1882 auch einen Ausschalter mit Elektromagnet in Verwendung, er dürfte ihn wohl hauptsächlich wegen des höheren Preises durch seine neueste Construction ersetzt haben.

24. Der wirthschaftliche Betrieb

des Glühlichtes spielt besonders bei grossen Elektrizitätswerken eine erhebliche Rolle. Da bei solchen Werken aber besonders in den langen Leitungen ein erheblicher Kraftverlust stattfindet, so wird hier den Berechnungen zunächst der wirthschaftliche Querschnitt der Leitungen zu Grunde gelegt, besonders auch deshalb, weil ja die Lampen von den Strom verbrauchenden Stellen bezahlt werden. Es wird sich jedoch unter Umständen nicht nur bei Einzelanlagen, sondern auch bei grösseren Werken darum handeln, ob man, je nach den Kosten der Betriebskraft für die Dynamos, Lampen von hoher oder von geringer Oekonomie anwenden soll. Ferner wird auch die Höhe des Lampenpreises hiefür maassgebend sein, d. h. also, man muss die Betriebskosten einer Lampe auf ein Minimum bringen.

Ist der Preis des Stromes hoch, der der Lampen jedoch gering und sind dieselben genügend haltbar, so liegt es im Interesse des Betriebes, Lampen anzuwenden, welche ökonomisch sind, also pro Kerze etwa nur 2 bis 3 Watts gebrauchen. Ist dagegen der Strom billig, die Lampen jedoch theuer und wenig haltbar, so thut man besser Lampen anzuwenden, welche viel Strom brauchen, sie auch wenig anzustrengen, damit sie lange halten.

Wenn man nur die Anzahl Watts berücksichtigt, um die Oekonomie einer Lampe zu bemessen, so ist dies eigentlich nicht ganz genau; man sollte auch noch die Erwärmung der Lampe in Rechnung ziehen, da dieselbe bei den verschiedenen Lampen durchaus nicht gleich ist.

Auf Grund von Versuchen der amerikanischen Edison-Gesellschaft hat Mr. John W. Howell interessante Berechnungen über den maximalen Nutzeffect der Glühlampen angestellt,*) welche das Vorstehende bestens erläutern. Um diesen maximalen Nutzeffect zu ermitteln, war es zunächst nöthig, die Güte der Lampen, also vor Allem ihre Haltbarkeit, „Lebensdauer“, zu kennen. Da jedoch dergleichen Versuche nicht allein auf einen langen Zeitraum sich erstrecken müssen, wenn sie einigen Werth haben sollen, sondern auch sehr kostspielig sind, so hat Mr. Howell für seine Berechnungen Versuche benutzt, welche man fünf Jahre hindurch mit alten Edison-Lampen gemacht hat, die noch mit unpräparirten Bambusfäden versehen waren. Die umstehend gegebene Curve Fig. 50 zeigt die Lebensdauer dieser Lampen nach zahlreichen, sorgfältigen Versuchen, und zwar für Lampen, welche 2 bis 5 Watts pro Kerze brauchen. Die Curve ist ganz analog den Angaben, wie ich sie in Bezug auf unsere modernen Lampen in Tabelle 21 gemacht habe, es ist eine Curve, welche sich der Coordinatenachse asymptotisch nähert, aus der sich klar ergibt, wie mit abnehmender Oekonomie die Lebensdauer wächst und umgekehrt, mit zunehmender Oekonomie die Haltbarkeit geringer wird.

Um nun das Maximum des Nutzeffectes zu ermitteln, muss man zuerst die Kosten der Stromerzeugung feststellen, welche bei wachsendem Nutzeffect der Lampen abnehmen, und ferner die Kosten der Lampen aufstellen, die mit dem Nutzeffect wachsen. Summirt man beides, so findet man einen gewissen Preis, welcher

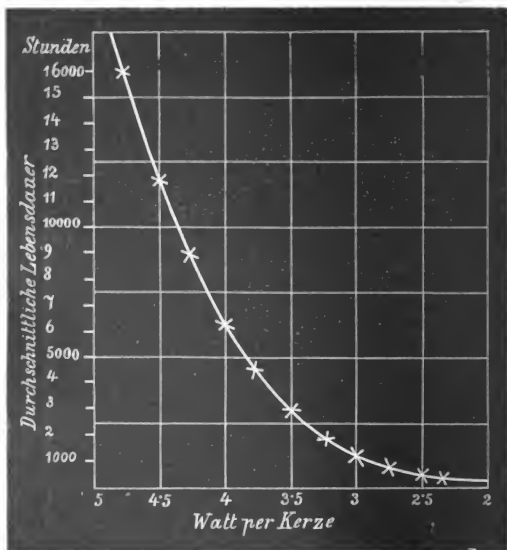
*) „Electrical Review“, London 1888, S. 693.

das Minimum der Betriebskosten, also das Maximum des Nutzeffectes, darstellt, unter welchem man die Lampen betreiben muss. Die Kosten der Stromerzeugung sind

$$\frac{\text{Watts pr. Kerze} \times 16 \times 100 \times 1000 \times \text{Stromkost. pr. H. P.}}{736}$$

736

Fig. 50.



und die Kosten der Lampen sind =

$$\frac{\text{Preis einer Lampe} \times 100 \times 1000}{\text{Lebensdauer bei gegebener Wattzahl pro Kerze.}}$$

Es ist hierbei ein Betrieb von 100 Lampen für 1000 Stunden im Jahre zu Grunde gelegt. Mr. Howell berechnet nach obigen Formeln verschiedene Fälle bei

einem Lampenpreis zwischen 1·60 bis 4·50 Mark und einem Preis des Stromes pro H. P. zwischen 2·5 bis 10 Cents, sowie einer Lebensdauer der Lampen von 300 bis 2400 Stunden. In allen Fällen ergibt sich zwischen den Lampenkosten und den Gesamtkosten ein Verhältniss von etwa 15 Procent. Die verschiedenen Beispiele habe ich in nachstehender Tabelle übersichtlich zusammengestellt. Die Preise sind in Dollars und Cents beibehalten.

P r e i s		Lebens- dauer	Watts pro Kerze	K o s t e n		Maximal- Nutzeffect	Verhältniss
der Lampe pro Stück	des H. P. Stromes			in minimo total	der Lampen		
C e n t s				Stunden	D o l l a r s		
85	10	600	3	783	113	3 1	0·145:1
100	10	600	3	800	118	3·18	0·147:1
100	5	600	3	444	68—9	3·5	0·155:1
100	2·5	300	3	273	41	4 32	0·154:1
50	10	1200	3	654	92	2·62	0·14 :1
50	5	1200	3	362	53	2 875	0·146:1
50	10	600	3	728	107	2·88	0·146:1
50	5	600	3	400	60	3 175	0·15 :1
25	5	2400	3	294	41	2·38	0·14 :1
25	10	2400	3	535	81	2·14	0·151:1
25	5	1200	3	327	47	2·62	0·143:1

Trägt man die Gesamtkosten bei verschiedener Oekonomie als eine Curve auf, so sieht man sofort, dass da, wo die Stromerzeugung theuer ist, die Lampen sorgfältig ausgewählt werden müssen, da auch nur geringe Abweichungen im Nutzeffecte vom Maximal-Nutzeffecte die Gesamtkosten erheblich vermehren.

Ob man also bei einem Betriebe von Glühlampen ökonomisch arbeitet, kann man leicht dadurch ermitteln, dass man nachrechnet, ob die Gesamtkosten zu den Kosten der Glühlampen sich wie 15 : 1 verhalten. Findet man, dass dies Verhältniss z. B. nur 10 : 1 ist, so muss man entweder die Lampen auswechseln, so dass man das gleiche Licht bei höherem Nutzeffect erzielt, oder man wird die alten Lampen mit höherem Nutzeffect brennen, indem man ihre Anzahl vermindert und die Spannung erhöht.

Die Lebensdauercurve folgt nicht den Gesetzen der Hyperbel, man hat bis jetzt überhaupt keinen mathematischen Ausdruck für dieselbe finden können. Den vorstehenden Berechnungen ist übrigens die Annahme zu Grunde gelegt, dass Lampen von 3 Watts pro Kerze bei verschiedener Lebensdauer alle derselben Curve folgen. Es mag dies ja praktisch wohl zutreffen, jedoch ist kein Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme gegeben worden.

Es würde den Rahmen dieses Buches überschreiten, wenn ich hier auch die Grundsätze entwickeln wollte, nach welchen man den wirthschaftlichen Querschnitt der Leitungen für grosse Werke zu berechnen hat; ich beschränke mich daher darauf, hier nur anzuführen, dass man eine eingehende Anleitung dieser Rechnung sowohl in Strecker's „Hilfsbuch für Elektrotechnik“, als auch im Jahrgang 1887 der „Electrical Review“, London, von der Feder des Herrn W. Fritsche findet.

25. Die Betriebskosten

des Glühlichtes sind nachstehend für eine Anlage von 60 Lampen unter der Annahme berechnet, dass man

pro H. P. Stunde 3·5 *kg* Kohlen zum Preise von 2 Mark pro 100 *kg* braucht, die Glühlampe von 16 Kerzen 2·5 Mark kostet und deren Lebensdauer durchschnittlich 800 Stunden beträgt. An Amortisation und Zinsen sind für einen Betrieb von 600 bis 1000 Stunden 10 Procent, über 1000 Stunden 15 Procent in Ansatz gebracht. Die Zahlen lassen klar erkennen, wie mit dem Wachsen der Betriebsstunden die Kosten für eine Lampe sinken.

1. Lampenverbrauch pro Stunde $\frac{250}{800} = 0\cdot3125$ Pfg.

2. Betriebskraft pro Lampe und Stunde

$$3\cdot5 \cdot 2 = \frac{7}{12} = 0\cdot583 \text{ (bei 12 Lampen auf 1 H. P.)}, \text{ also}$$

$$0\cdot3125 + 0\cdot583 = 0\cdot8955 \text{ Pfennig, rund } 0\cdot9 \text{ Pfennig.}$$

Eine frühere Berechnung, welche ich im Jahre 1884 (in meinem Buche: „Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen“, A. Hartleben, Wien) veröffentlichte, hatte als Grundlage einen Kohlenpreis von 60 Pfennige pro 100 *kg* und einen Glühlampenpreis von 5 Mark pro Stück. Auch hier betrug der Lampenverbrauch und Betriebskraft pro Lampe und Stunde 0·9 Pfennig.

3. Bedienung und Schmiermaterial bei einer Anlage von 60 Lampen ohne Dampfmaschine und Kessel

$$30 \text{ Pfennige, also } \frac{30}{60} = 0\cdot5 \text{ Pfennig.}$$

4. Amortisation und Zinsen (von den Anlagekosten für 60 Lampen ohne Dampfmaschine und Kessel

$$= 2750 \text{ Mark}), \text{ bei 10 Procent } = \frac{27500}{60} = 458\cdot3$$

$$\text{bei 15 Procent } = \frac{41250}{60} = 687\cdot5.$$

Dividirt man diese Zahlen durch die Anzahl der jährlichen Brennstunden, so ergeben sich die gesammten Betriebskosten für die Lampenstunde:

Bei 600 Stunden	$\frac{458.3}{600} = 0.7 + 0.9 + 0.5 = 2.1$	Pfg.
„ 800 „	$\frac{458.3}{800} = 0.5 + 0.9 + 0.5 = 1.9$	„
„ 1000 „	$\frac{458.3}{1000} = 0.45 + 0.9 + 0.5 = 1.85$	„
„ 3500 „	$\frac{687.5}{3500} = 0.19 + 0.9 + 0.5 = 1.59$	„

In ähnlicher Weise lassen sich für eine beliebig grosse Anlage die Betriebskosten ermitteln, wenn man die Anlagekosten kennt. Dieselben stellen sich nach Angabe von Siemens & Halske wie in nachstehender Tabelle angegeben ist. Aus der in der ersten Spalte angegebenen Betriebskraft kann man leicht die Anzahl der Glühlampen berechnen, indem man pro H. P. 12 Lampen zu 53 Watts oder 650 Watts Nutzeffect im Stromkreise rechnet. Wo bei ausgedehnten Anlagen durch lange Leitungen oder mehrfache Riemenübertragungen bedeutende Kraftverluste stattfinden, wird man nur 10 Glühlampen auf die Pferdekraft nehmen dürfen. Die Anlagekosten stehen im Allgemeinen im indirecten Verhältniss zur Oekonomie des Betriebes. Da der Kohlenpreis je nach Umständen erheblich schwankt und auch der Preis des Gases für den Betrieb der Gasmotoren sehr verschieden ist, so habe ich davon Abstand genommen, die obige Berechnung für Anlagen von verschiedenem Umfange hier weiter auszuführen. Die Anzahl der jährlichen Betriebsstunden in den verschiedenen Betrieben ergeben die Tabellen Nr. 9, S. 152.

Kosten der Betriebsanlagen für elektrische Beleuchtung.

a) Mit Dampfmotoren.

Betriebskraft in H. P.	Complete Anlage: Haus, Esse, Fundamente, Kesselanlage, Motor u. Riemen; Bauplatz vorhanden	Anlagen bei vorhandenen passenden Räumlichkeiten	Anlagen bei vorhandenen passenden Räumlichkeiten und vorhandener Dampfkesselanlage
	Kosten in Mark circa		
2	2.600—4.000	1.600—3.000	1.500
4	4.800—6.500	3.800—5.500	2.000
6	5.500—7.000	4.500—6.000	2.750
8	7.000—8.000	6.000—7.000	3.300
10	8.000—9.000	7.000—8.000	4.000
12	9.000—11.900	8.000—10.400	4.750
15	11.000—13.900	9.800—12.000	6.000
20	13.500—15.600	12.300—13.800	6.750
25	15.900—17.900	14.400—15.800	7.500
30	17.000—20.500	15.500—18.400	8.000
40	18.400—23.000	16.800—20.600	9.500
50	19.800—25.000	18.000—22.600	11.000
60	22.000—30.000	19.900—27.000	12.000

b) Mit Gasmotoren.

H. P.	Complete Anlagen in betriebsfähigem Zustande mit zweicylindrigen Motoren, Fundamenten, Riemen, Rohrleitungen und allen Zubehörtheilen	
	Mit Maschinenhaus; Bauplatz vorhanden	Ohne Maschinenhaus; passende Räume vorhanden
	M a r k c i r c a	
3	5.200	4.200
5	6.500	5.500
8	7.300	6.300
12	9.400	8.200
16	11.000	9.800
20	12.200	11.000
25	14.000	12.500
30	15.500	14.000
40	17.600	16.000
50	19.800	18.000

Die Gebäude sind in vorstehenden Angaben massiv mit Wellblechdach bei gutem Baugrund angenommen. Die Preise differiren erheblich, je nachdem man Kessel und Dampfmaschine combinirt oder getrennt wählt.

26. Hochkerzige Lampen.

Bis vor wenig Jahren verstand man es noch nicht, hochkerzige Lampen für hohe Spannung zu erzeugen.

Auch heute noch giebt es wohl nur die eine Fabrik der „Lunbeam“-Lampe, welche sie in tadelloser Güte fertigt. Es kann uns daher nicht wundern, dass man am Continent für Lampen von grösserer Helligkeit fast ausschliesslich Bogenlicht verwendet. Es werden jedoch bereits Stimmen laut, welche sich gegen die wenig ökonomische Nebeneinanderschaltung von Bogenlampen erheben.*) Eine Glühlampe von 500 Normalkerzen wie sie auf S. 15 näher beschrieben sind (s. auch Tabelle Nr. 3, S. 146), für 100 Volts braucht 10 Ampères oder 2 Watts pro Kerze und kostet 25 Mark. Da ihre Dauer mindestens 1000 Stunden beträgt, so entfallen 2·5 Pfennige Lampenkosten auf die Stunde; dieselben ermässigen sich jedoch noch, da der Werth des Platins in der Lampe, der bei dieser Art Lampen ziemlich hoch ist, in Abzug vom Preise zu bringen ist. Thatsächlich vergütet auch die Fabrik das alte Platin zu ganz bedeutendem Betrage. Man erhält also für 1000 Watts 500 Kerzen. Mit Bogenlampen in Nebeneinanderschaltung erzielt man bei 10 Ampères allerdings mehr Licht, weil bei 100 Volts je zwei Lampen hintereinander brennen. Wie oft aber muss man die zweite Lampe eben nur mitbrennen oder sie durch einen Widerstand ersetzen, weil man eine Lampe ohneweiters allein nicht betreiben kann. Die Wartung der Bogenlampen, sowie der Ersatz der Kohlenstifte macht auch erhebliche Kosten, und die Bogenlampe ist in der Anschaffung auch nicht billig.

*) M. M. Rotten's Vorrichtung, „Zeitschrift für Elektrotechnik“, Wien 1889, S. 94. — „Elektrotechnischer Anzeiger“ 1889, S. 1135, vom 25. December.

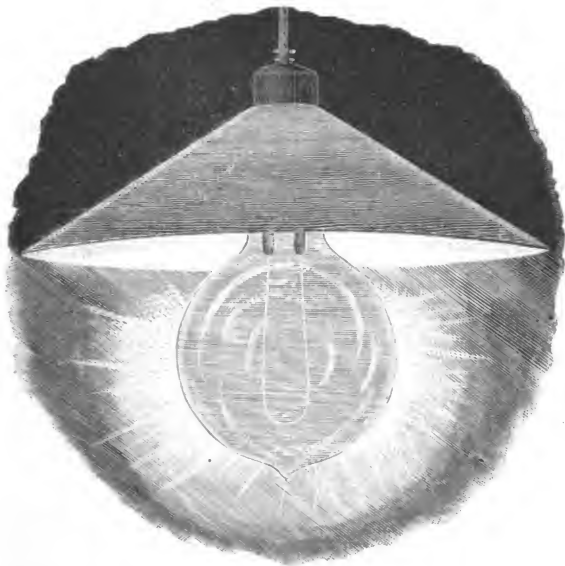
Bei Centralen, wo für die Bogenlampen Abgaben von circa 40 Mark jährlich zu zahlen sind, entfallen allein bei 1000 Stunden jährlicher Betriebsdauer 4 Pfennige für die Benutzung jeder Bogenlampe ohne Bedienung und ohne Kohlenstifte. Die Kohlenstifte kosten pro Stunde und Lampe mit Einsetzen etwa auch 4 Pfennige, so dass also pro Bogenlampe und Stunde 8 Pfennige ohne Stromkosten entfallen. Man kann diese Kosten für hochkerzige Glühlampen und Bogenlampen direct vergleichen ohne Berücksichtigung des Strompreises, da der Strom in beiden Fällen 10 Ampères beträgt. In dem einen Falle kosten 500 Kerzen Glühlicht 2·5 Pfennige, im anderen Falle 500 Kerzen Bogenlicht $\frac{8}{2} = 4$ Pfennige.

Es ist also, selbst wenn man auch nur 3 Pfennige für Kohlenstifte rechnen wollte, das Bogenlicht theurer als Glühlicht.

In vielen Fällen braucht man zwar sehr helle Lampen, aber das so grelle Bogenlicht wirkt störend, oder bei der Beleuchtung von Schaufenstern verursacht das Auswechseln der Kohlenstifte und die Reinigung der Bogenlampen täglich eine Verunreinigung der zur Schau ausgelegten Gegenstände. Es giebt also eine ganze Anzahl von Umständen, welche die Anwendung hochkerziger Glühlampen vortheilhaft oder wünschenswerth oder auch gar das Bogenlicht theurer als Glühlicht machen. Ich wollte den Theil über die Anwendung der Glühlampen nicht schliessen, ohne auf die verschiedenen Factoren, welche bei derselben in Betracht kommen oder auf den Preis des Lichtes mitbestimmend einwirken, wenigstens angedeutet zu haben, muss es aber natürlich dem werthen Leser überlassen, in jedem gegebenen Falle selber zu

entscheiden, was am vortheilhaftesten ist. In vielen Fällen wird man die Wirkung der hochkerzigen Glühlampen noch durch Schirme wie in Fig. 51 erhöhen können, welche alles Licht nach unten werfen. Wie viel man

Fig. 51.



in dieser Beziehung mit einem gut polirten Reflector bisweilen erreichen kann, möge folgende Ueberlegung erläutern. Fällt ein Lichtstrahl auf eine gut polirte Glasfläche, so wird nur ein Theil des Lichtes gebrochen, der Rest aber reflectirt. Je schräger das Licht auf den Reflector fällt, desto mehr Licht wird reflectirt. Fallen

die Lichtstrahlen dagegen senkrecht auf, so wird etwa nur $\frac{1}{150}$ reflectirt. Ein guter, ebener Metallspiegel wirft 65 Procent des auf ihn fallenden Lichtes zurück, ein guter Glasspiegel etwa 75 Procent und ein Silberspiegel 90 Procent. Die Bogenlampen bedürfen weniger eines Reflectors, weil die ausgehöhlte Oberkohle schon als solcher wirkt und thatsächlich das meiste Licht nach unten wirft. Ganz anders verhält sich dies bei der Glühlampe; bei dieser strahlt das Licht mehr gleichmässig nach allen Seiten aus, so dass man bei derselben durch einen Schirm wesentlich an Licht gewinnen kann.

Wollte man nun ausserdem noch die Helligkeit in Meterkerzen vergleichen, so erwiese sich das Resultat noch mehr zu Gunsten des Glühlichtes. Das grelle, immerhin etwas unruhige Bogenlicht zwingt oft dazu, die Bogenlampen ziemlich hoch aufzuhängen, während die Glühlampe bei der absoluten Ruhe und angenehmen Farbe des Lichtes gerade eine niedrige Aufhängung begünstigt.

IV. Schluss.

Das elektrische Glühlicht hat sich in der Zeit seines nunmehr zehnjährigen Bestehens sehr stark verbreitet und ist heute für viele häusliche, technische und wissenschaftliche Zwecke in Gebrauch. Seine Verbreitung nimmt in unseren Tagen sehr schnell an Umfang zu, da nicht allein die grösseren, sondern auch vielfach die kleineren Städte Elektrizitätswerke anlegen oder doch deren Anlage gestatten. Die Verbreitung des Lichtes wird also in absehbarer Zeit so an Umfang zugenommen haben, dass eine Stadt wie Berlin allein eine Glühlampenfabrik vollauf beschäftigen kann. Man wird nicht zu hoch greifen, wenn man die Production an Glühlampen in Europa heute auf etwa fünf Millionen Stück jährlich schätzt. Wenn sich nun die elektrische Beleuchtung derart ausbreitet, dass man Gas und Petroleum nur zum Heizen und Treiben von Motoren anwendet, so muss die Höhe der Production in wenig Jahren sich mindestens verzehnfachen. Es erscheint darnach also in nächster Zeit sehr lohnend, sich mit dieser Fabrikation zu befassen, und je mehr die Aussichten auf Gewinnen der Processe der Inhaber von Edison's Patenten schwinden, umsomehr werden Andere den Muth haben, neue Fabriken zu gründen. In

Deutschland und Oesterreich haben wir jetzt ungefähr zehn grössere Glühlampenfabriken, welche besonders im Winter alle so beschäftigt sind, dass sie die Nachfrage kaum zu decken vermögen, während in Europa überhaupt etwa neunzehn bestehen. Die hauptsächlichsten Fabrikationsorte sind: Berlin, London, Rotterdam, Gelnhausen, Paris, Mailand, Turin, Wien und Budapest.

Bei dem heutigen Stande der Technik sollte jede gut geleitete Fabrik im Stande sein, eine Glühlampe zu liefern, welche allen mässigen Ansprüchen gerecht wird. Der Streit zwischen den Fabrikanten von Lampen und deren Abnehmern über die bessere oder geringere Qualität der Lampen wird so lange bestehen, als wir die Lampen nach den jetzt bekannten Grundsätzen, ich meine mit dem so feinen Faden, herzustellen genöthigt sind. Ein solcher Kohlenfaden ist auf seine Güte durch das Auge kaum zu prüfen, der Lampenhandel wird also immer mehr oder minder auf gegenseitigem Vertrauen beruhen.

Zum Schlusse will ich daher hier die Umstände näher erörtern, welche auf die Haltbarkeit einer Lampe einwirken. Dieselben sind zweierlei Art. Die Ursachen des frühen Zugrundegehens der Fäden ist entweder im Fabrikat oder in dessen Gebrauch zu suchen.

Die Fehler im Fabrikat sind so ungeheuer mannigfaltig, dass ich darüber allein ein dickes Buch schreiben könnte, wenn ich sie alle hier einer genauen Besprechung unterziehen wollte; es sollen daher hier nur die am häufigsten vorkommenden genannt werden. Die Fabrikationsfehler sind entweder mechanischer oder elektrischer Natur. Zu ersteren gehören schlechte Löthungen an den Contacten, Brechen der Gläser oder Drähte, Risse und Sprünge im Glas nach dem Löthen. Alle

diese Fehler lassen sich mehr oder minder leicht bei einiger Aufmerksamkeit vermeiden, sie kommen auch in Folge dessen nicht so viel vor. Am schlimmsten sind jedoch Fehler elektrischer Natur in dem Faden selbst, welche beim besten Willen mit keinen Mitteln vor dem Gebrauch entdeckt werden können. Es ist dies die innere Structur des Fadens und seine Festigkeit, welche sowohl von der ursprünglichen Beschaffenheit des Rohmaterials, als auch von der Zubereitung der Kohle abhängig ist. Zwar kann man mit Hilfe des Mikroskops die Beschaffenheit der Structur untersuchen; um dies aber thun zu können, muss eben der Faden zerstört werden, um aus den verschiedenen Theilen seiner Länge Proben zu entnehmen.

Trotz allen Fleisses und allen wissenschaftlichen Scharfsinnes bei der Leitung der Fabrik ist es nicht ausgeschlossen, dass kleine Fehler im Fadenmaterial unbemerkt hindurchschlüpfen und einen Theil der Lampen dadurch weniger haltbar machen. Dies mögen alle ungeduldigen Abnehmer von Lampen immer bedenken, dann werden sie sich manchen Streit und Aerger ersparen.

Eine ganz eigene Sache ist es auch um die so oft verlangten und bedingungsweise gegebenen Garantien über die Lebensdauer.

Es ist eine allgemein erwiesene Thatsache, dass Lampen, welche mit 1 bis 2 Volts Ueberspannung brennen, eine proportionale Einbusse an ihrer Lebensdauer erleiden, und es ist ferner auch bekannt, dass bei einzelnen Anlagen und den gewöhnlichen Betriebsmaschinen die Aufsicht und Regulirung der Maschinen niemals so exact ist, dass nicht öfter Schwankungen der Geschwindig-

keit der Motoren eintreten, die von kürzerer oder längerer Dauer sind. Dadurch ist es aber unvermeidlich, dass die Spannung der Dynamos auch zeitweise um mehr als 2 Volts schwankt. Alle diese Schwankungen im Betriebe sind aber geeignet, die Dauer der Lampen zu beeinträchtigen. Nun können aber nicht nur die Schwankungen der Motoren, sondern auch die in einzelnen Leitungen abnehmende Stromstärke die Ursache zur Erhöhung der Spannung bilden, sobald nämlich in längeren Leitungen mit mehr als 2 Procent Spannungsverlust Lampen ausgeschaltet werden. Heute, wo jeder Mechaniker und Schlosser sich mit Einrichtung elektrischer Anlagen befasst, ob er die nöthigen Vorkenntnisse dazu hat oder nicht, kann der Lampenfabrikant niemals wissen, mit welchem Spannungsverlust die Leitungen berechnet sind, für welche er seine Lampen liefert, oder ob sie überhaupt berechnet oder vielmehr nur so aus dem „Handgelenk“ entworfen sind.

Ein weiterer Uebelstand, der allerdings, seit wir in Deutschland eine physikalisch-technische Reichsanstalt haben, sich allmählich vermindern wird, sind die oft sehr voneinander abweichenden Voltmeter*). Die Abweichungen, welche dieselben gar sehr oft ausweisen, betragen nicht selten bis zu 5 Procent. Sie werden nicht allein durch ungenaues Aichen mit unrichtigen Normalinstrumenten verursacht, sondern die Apparate ändern sich auch im Laufe der Zeit entweder aus rein mechanischen oder auch aus magnetischen oder elektrischen Ursachen. Kurz, der Ursachen der Ungenauigkeit giebt es

*) Siehe M. Baumgardt: Ein neues Princip technischer Spannungsmesser, „Zeitschrift für Elektrotechnik“, Wien 1889, S. 137.

eine grosse Zahl, die von dem Laien vor allen Dingen niemals völlig erkannt und vermieden werden können.

Es ist daher niemals ausgeschlossen, dass an sich sehr gute Lampen eine nicht genügende Haltbarkeit ausweisen können. Die Untersuchung der Ursachen ist jedesmal von einem Sachverständigen zu leiten, wenn dies die Umstände irgend gestatten. Unbedingt kann man den Lampen nur dann eine Schuld beimessen, wenn die Untersuchung einen Mangel in der Anlage oder im Betriebe nicht ergeben hat. Will man den Maschinisten controliren oder die Güte der Regulirung der Motoren prüfen, dann empfiehlt es sich, einen registrirenden Voltmeter dauernd oder einige Wochen hindurch einzuschalten, wie sie z. B. von J. L. Huber in Hamburg geliefert werden. Der Apparat ist sehr empfindlich und zeichnet jede kleine Schwankung der Spannung unerbittlich und unauslöschlich auf. Mögen der Inhalt dieses Buches und diese Schlusszeilen zur Milderung des Streites um die Lebensdauer der Lampen ein wenig beitragen und etwa streitende Parteien miteinander versöhnen.

V. Tabellen.

Tabelle 1.

Berechnung der Stellung des Photometerkastens.

Mit einer Etalon-Lampe, deren Normalspannung 65 Volts beträgt, dürfen Lampen zwischen 50 und 75 Volts verglichen werden, während mit einer Etalon-Lampe von 100 Volts von 80 bis 120 Volts gemessen werden darf. Kennt man die Leuchtkraft einer Etalon-Lampe bei bestimmter Spannung, und sollen mit dieser Lampe andere von ungefähr derselben Spannung, aber anderer oder gleicher Leuchtkraft verglichen werden, so ist die Stellung des Photometerkastens wie folgt zu berechnen:

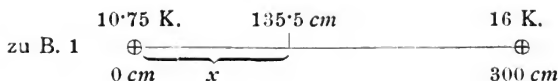
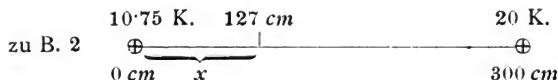
Beispiel 1. Die Etalon-Lampe habe 65 Volts und 10·75 Normalkerzen, die zu messenden Lampen sollen auf 16 Kerzen photometriert werden, auf welchen Scalentheil muss der Index des Photometerkastens zeigen?

Antwort: Die Entfernung des Index vom Nullpunkt der Scala beträgt nach der auf Seite 79 gegebenen

$$\text{Formel } x = \frac{300}{1 + \sqrt{\frac{16}{10 \cdot 75}}} = 135 \cdot 5 \text{ cm}$$

Beispiel 2. Mit derselben Etalon-Lampe sollen Lampen auf 20 Normalkerzen photometriert werden, bei einer Spannung, welche nahe an der Voltzahl der Etalon-Lampe liegt. Es ergibt sich dann

$$x = \frac{300}{1 + \sqrt{\frac{20}{10.75}}} = 127 \text{ cm}$$



Photometertabelle

zu S. 79, Capitel 12, für das Verhältniss $U:E$ in der

Formel $x = \frac{300}{1 + \sqrt{\frac{U}{E}}}$

Ist E die Etalon-Lampe (links auf 0) und U die zu messende Lampe (auf 300 der Photometerbank), so giebt zur Einstellung des Kastens umstehende Tabelle das Verhältniss $U:E$ an, wie es in der Formel auf S. 79, Capitel 12, eingeführt ist. Man rechnet $U:E$ aus und findet

bei dem angenommenen Beispiel Nr. 1 $\frac{16}{10.75} = 1.494$,

das ergibt in der Tabelle in der Verticalreihe links 130 und oben 5, also $= 135 \text{ cm}$.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	25.0	23.8	22.7	21.7	20.8	19.8	19.0	18.2	17.4	16.7
60	16.0	15.4	14.7	14.2	13.6	13.1	12.6	12.1	11.6	11.2
70	10.8	10.4	10.0	9.7	9.3	9.00	8.69	8.39	8.10	7.83
80	7.56	7.31	7.07	6.84	6.61	6.40	6.19	5.99	5.80	5.62
90	5.44	5.27	5.11	4.95	4.80	4.66	4.52	4.38	4.25	4.12
100	4.00	3.88	3.77	3.66	3.55	3.44	3.35	3.25	3.16	3.07
110	2.98	2.90	2.82	2.74	2.66	2.59	2.52	2.45	2.38	2.31
120	2.25	2.19	2.13	2.07	2.01	1.96	1.91	1.85	1.80	1.76
130	1.71	1.66	1.62	1.58	1.53	1.49	1.45	1.42	1.38	1.34
140	1.306	1.271	1.238	1.205	1.173	1.142	1.113	1.083	1.055	1.027
150	1.000	0.974	0.948	0.923	0.899	0.875	0.852	0.830	0.808	0.787
160	0.765	0.745	0.726	0.706	0.688	0.669	0.652	0.634	0.617	0.601
170	0.585	0.569	0.554	0.439	0.524	0.510	0.496	0.483	0.470	0.457
180	0.444	0.432	0.420	0.409	0.397	0.386	0.376	0.365	0.355	0.345
190	0.335	0.326	0.316	0.307	0.298	0.290	0.282	0.273	0.265	0.258
200	0.250	0.243	0.235	0.228	0.221	0.215	0.208	0.202	0.196	0.190
210	0.184	0.178	0.172	0.167	0.161	0.156	0.151	0.146	0.141	0.137
220	0.132	0.128	0.123	0.119	0.115	0.111	0.107	0.104	0.100	0.096
230	0.093	0.089	0.086	0.083	0.080	0.076	0.074	0.071	0.068	0.065
240	0.063	0.060	0.057	0.055	0.053	0.050	0.048	0.046	0.044	0.042
250	0.04	0.038	0.036	0.035	0.033	0.031	0.030	0.280	0.027	0.025

Tabelle 2.

Kleine Lampen mit geringer Oekonomie.

Volts	Ampères	Kerzen	Watts pro Kerze
9	2	4·5	4
12	2	6	4
15	2	7·5	4
20	2	10	4
25	2	12·5	4
9	2·5	6	3·75
12	2·5	7·5	4
15	2·5	9	4·17
20	2·5	12	4·16
25	2·5	15	4·16

Man fertigt auch Lampen von 12 bis 25 Volts mit 1 Ampère und von 15 bis 30 Volts mit 0·5 Ampère an, die entweder entsprechend geringere Dauer oder weniger Kerzenzahl haben. Für Lampen von höherer Spannung mit 50 bis 120 Volts rechnet man 3·3 Watts pro Kerze, die kleineren Lampen sind also weniger ökonomisch.

Für die grossen Fabriken ist die Herstellung kleiner Lampen wenig lohnend, sie beschäftigen sich daher mit der Anfertigung derselben nicht gerne. Es giebt jedoch einige Specialfabriken für solche kleine Lampen, welche sich auch mit Anfertigung von wissenschaftlichen Apparaten aus Glas überhaupt befassen.

Glühlampen

mit geringer Spannung von 1 bis 12 Kerzen
(mit grosser Oekonomie).

Volts	4	3	4	6	8	10	12	3	7	10	13	15	
Ampères . . .	0.8							0.5					
Kerzen . . .	1	0.8	1	1.6	2.2	2.8	3.2	0.8	1.2	1.8	2.2	2.5	
Glas in Millimeter	11	30	30	30	35	40	40	10	22	25	28	30	
Watts {	total .	3.2	2.4	3.2	4.8	6.4	8.0	9.6	1.5	3.5	5.0	6.5	7.5
	pro Kerze	3.2	3	3.2	3	2.9	2.9	3	1.8	2.5	2.7	2.9	3

Volts	12	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35
Ampères . . .	1.0						0.5				
Kerzen . . .	4	5	6.5	8	10	12	2.5	3	4	5	6
Glas in Millimeter	42	45	48	50	52	55	42	45	48	50	52
Watts	total .	12	15	20	25	30	7.5	10	12.5	15.0	18.5
	pro Kerze	3	3	3	3.1	3	2.9	3	3.3	3.1	2.9

Tabelle 3.

Hochkerzige Glühlampen der Sunbeam
Lamp Company.

Kerzen	100	150	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1500
Watts A.	—	300	400	600	800	1000	1200	1600	2000	2400	3000
total B.	275	375	500	775	1000	1250	1550	2000	2500	—	—
Watts A.	—	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
pro Kerze B.	2.75	2.5	2.5	2.58	2.5	2.5	2.58	2.5	2.5	—	—

(Fortsetzung der Tabelle 3.)

A m p è r e											
Kerzen	100	150	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1500
Bei Volts	Classe A (grosse Oekonomie).										
50	—	6	8	12	15·5	—	—	—	—	—	—
65	—	—	6	9·5	12	15·5	—	—	—	—	—
80	—	—	—	8	10	12	15·5	20	25	30	—
100	—	—	—	6	8	10	12	15·5	20	25	30
Bei Volts	Classe B (kleine Oekonomie).										
50	5·5	7·5	10	15·5	20	—	—	—	—	—	—
65	—	6	7·5	11·5	15·5	19	—	—	—	—	—
80	—	—	6	9·5	12·5	15·5	19	—	—	—	—
100	—	—	5·5	7·5	10	12·5	15·5	20	25	—	—

Es sind folgende Spannungen meist vorräthig:

Volts	Kerzen
50	200, 300, 400
65	200, 300, 400, 500
80	200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200
100	200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500

Die Lampen werden auf Verlangen auch in anderen Spannungen geliefert, jedoch nur von 200 Kerzen an aufwärts. Die Grösse der Ballons ist bei den kleineren Sorten 12·5 cm kugel-, bei grösseren eiförmig mit bis zu 18 cm Durchmesser und 23 cm Länge. Die Lampen brauchen etwa 2 bis 2·75 Watts pro Kerze. Ihre Haltbarkeit ist bei normaler Beanspruchung grösser als die der gewöhnlichen Glühlampen, sie können jedoch auch, wenn man grosse Flächen beleuchtet, bedeutend überhitzt werden und haben dann etwa 1·8 Watts pro Kerze bei noch genügender Dauer.

Die umstehenden Grössen sind vielfach auf Schiffen beim Löschen der Ladung im Gebrauch.

Tabelle 4.

Glühlampen der Cruto-Gesellschaft in Turin.

Type	Kerzen	Volts	Ampères	Bemerkung
1	8	22— 27	1·05—1·10	Nach Angaben der Fabrik in Turin soll die Haltbarkeit 800 bis 1000 Stunden bei normaler Beanspruchung betragen.
2	10	45— 54	0·55—0·65	
3	10	95— 105	0·35—0·45	
4	16	45— 54	1·05—1·10	
5	16	60— 70	0·80—0·90	
6	16	95— 105	0·55—0·62	
7	32	95— 105	0·95—1·05	
8	50	48— 54	2·25—2·50	
9	50	95— 105	1·55—1·70	
10	100	96— 106	2·25—2·50	
A	8	10— 14	2·80—3·0	
B	4	10— 14	1·05—1·20	
C	4	5— 7	2·80—3·0	
D	2	5— 7	1·05—1·20	

Glühlampen

der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft zu Berlin.

N. K.	Ampères	Volts	Watts	Watts pro Kerze
8	0·53	50	26·5	3·3
10	0·39	100	39	3·9
10	0·51	65	33·2	3·3
10	0·66	50	33	3·3
16	0·53	100	53	3·3
16	0·79	65	51·3	3·2
16	1·06	50	53	3·3
20	0·64	100	64	3·2
25	0·80	100	80	3·2
32	1·00	100	100	3·1

Tabelle 5.

Glühlampen der de Khotinski-Gesellschaft
zu Rotterdam und Gelnhausen.

Die Fabrik liefert die Lampen in den nachstehend verzeichneten Kerzenstücken und den daneben gesetzten Spannungen.

Kerzen	Volts	Kerzen	Volts
5	4—50	30	25—200
8	6—120	50	25—200
10	10—150	100	50—200
16	10—200	200	100—200
20	10—200	300	100—200
25	15—200		

Die Dauer obiger Glühlampen beträgt je nach ihrer Oekonomie 300 bis 2000 Stunden wie folgt:*)

Stunden	Watts pro Kerze	Stunden	Watts pro Kerze
300	2 $\frac{1}{4}$	1200	4
500	2 $\frac{1}{2}$	1500	4 $\frac{1}{2}$
700	3	2000	5
1000	3 $\frac{1}{2}$		

*) Diese Tabelle ist insoferne auch interessant, als sie zeigt, wie mit der höheren Lebensdauer die Oekonomie abnimmt. Man kann also auch rückwärts aus den Constanten einer sonst guten Lampe auf die Lebensdauer schliessen, für welche sie bestimmt ist. Dies gilt jedoch nicht für kleine Lampen.

Tabelle 6.

Normallampen der Swan-Company zu London.

Classe A mit langer Dauer, 4 Watts pro Kerze (geringe Oekonomie).												
Mittlere	100 07—103 Volts				65 62—68 Volts				56 54—58 Volts			
	K e r z e n											
	10	16	32	50	10	16	32	50	10	16	32	50
Ampères	0.40	0.64	1.28	2.00	0.61	0.98	1.97	3.07	0.71	1.14	2.29	3.57
Watts . .	40.0	64.0	128	200	10.0	94.0	128	200	10.0	64.0	128	200
Ohm heiss	250	156	78.0	50.0	106	66.0	33.0	21.0	78.0	49.0	25.0	16.0
Classe B mit kürzerer Dauer, 3 Watts pro Kerze (grosse Oekonomie).												
Mittlere	50 48—52 Volts				28 27—29 Volts				25 24—26 Volts			
	K e r z e n											
	5	10	16	32	50	5	10	5	10	5	10	
Ampères	0.40	0.80	1.28	2.56	4.00	0.71	1.43	0.80	1.60	0.80	1.60	
Watts . .	20.0	40.0	64.0	128	200	20.0	40.0	20.0	40.0	20.0	40.0	
Ohm heiss	125	63	39	26	13	38	29	31	60	31	60	
Classe B mit kürzerer Dauer, 3 Watts pro Kerze (grosse Oekonomie).												
Mittlere	50 48—52 Volts				28 27—29 Volts				25 24—26 Volts			
	K e r z e n											
	5	10	16	32	50	5	10	5	10	5	10	
Ampères	0.30	0.60	0.96	1.92	3.0	0.54	1.07	0.60	1.2	0.60	1.2	
Watts . .	15	30	48	96	150	15	30	15	30	15	30	
Ohm heiss	167	83	52	26	17	52	26	42	21	42	21	

Lampen zu 105, 110, 115 und 120 Volts werden auch gefertigt.

Tabelle 7. Glühlampen von Siemens & Halske zu Berlin.

	Ia	I	II	IV			VI			VIII			X	XII	XV	XX
Kerzen	5	8	10	16	16	16	25	25	25	35	35	35	50	50	50	100
Volts	25	50	100	65	100	100	120	100	50	120	100	65	100	65	50	20
Ampères	0.77	0.52	0.39	0.52	0.46	0.50	0.77	0.77	1.17	0.92	1.12	1.72	1.50	2.5	3.0	11
*Watts pro Kerze	3.8	3.2	3.6	3.2	3.7	3.4	3.3	3.2	.	.	3.3	.	3.2	.	.	.
*S. E. kalt	62	190	506	228	489	375	168	251	.	.	173	.	124	.	.	.
φ heiss	32.5	96.2	256	125	260	200	84.4	185	130	55.5	130	89.3	66.6	26	16.6	1.81
$IV \cdot F^{\frac{1}{2}}$	1.91	1.98	1.88	2.05	1.91	1.80	1.93	1.92	1.94	1.82	.	1.91	1.92	.	.	.
*Stärke d. Fadens $\frac{m}{m}$	0.222	0.166	0.136	0.166	0.155	0.146	0.217	0.224	0.195	0.226	.	0.280	0.361	.	.	.
*Länge d. Fadens $\frac{m}{m}$	41.1	74.5	121.7	90.4	162.3	119.9	105.0	125.7	165.7	166.4	.	199.6	215.0	.	.	.
*Querschnitt q. $\frac{m}{m}$	0.039	0.022	0.0145	0.021	0.019	0.021	0.037	0.038	0.030	0.040	.	0.062	0.102	.	.	.
*Spec. W. bez. auf φ	55.5	52.8	56.8	52.5	63.8	49.2	55.9	29.2	58.0	57.0	.	50.2	55.0	.	.	.
*Amp. pro q. $\frac{m}{m}$	19.7	23.5	25	23.5	25	25	20.5	27.5	22.5	19.5	.	18.2	15.3	.	.	.
* $\frac{I^2}{F^3}$	436	470	415	470	485	510	450	820	490	420	.	470	415	.	.	.

Die Angaben, deren Linien vorne mit einem * versehen sind, habe ich Uppenborn's Kalender entnommen, während die übrigen Angaben in Siemens'schen Prospecten enthalten sind.

Tabelle 8.

Glühlampen älterer Construction aus 1883.

System	N. K.	Am- pères	Volts	Watts total	Ohm heiss	Watts p. Kerze
Edison A	16	0.79	105	73	140	4.5
" B	8	0.79	525	40	70	5.0
Siemens & Halske II.	12	0.52	105	52	200	4.3
" " " IV.	16	0.75	105	73	140	4.5
" " " VI.	25	1.25	105	117	85	4.6
Gebr. Siemens . .	20	0.9	105	96	130	4.8
Swan	15	1.34	47	66	35	4.4
Gebr. Siemens . .	10—14	0.5	100	50	—	5
" " . .	15—19	0.7	100	70	—	4.6
" " . .	20—25	0.9	100	90	—	4.5

Tabelle 9.

Brennzeiten

während der Beleuchtung in verschiedenen Betrieben pro Jahr.

Die Beleuchtungszeit ergibt:						Licht- stunden
1.	Von 6 Uhr Früh bis 6 Uhr Abends					274
2.	" 6 " " " 7 " " (Fabriken) . . .					438*)
3.	" 6 " " " 8 " "					654
4.	Dunkel " 8 " " (Läden, die Morgens kein Licht brauchen)					650
5.	" " 11 " " (Haushaltungen) .					1918

*) Brauchen Licht vom 1. Januar bis 31. März und vom 7. September bis 31. December, in der Zwischenzeit keine Beleuchtung Abends nöthig.

6. Zuckerfabriken, die vom 15. Sept. bis 15. Januar arbeiten, Feiertage und Sonntage 6 Uhr Abends beginnen 1630
7. Fabriken mit vollem Nachtbetrieb ohne jede Unterbrechung (Mühlen) 3951
8. Strassenlaternen, die um 11 Uhr gelöscht werden 1553
9. Nachtlaternen 3652—3675
10. Strassenlaternen bis 12 Uhr Nachts in Berlin . . 1900·5
11. " " 1 " " " " . . 2265·5
12. " " von 12 " " ab " " . . 1774·5

Brennzeit von Sonnenuntergang	Brennstunden während der einzelnen Monate												Im Jahr Stunden
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Januar	Febr.	März	
Bis 8 Uhr Abends . . .	36	6	—	—	21	54	87	117	140	125	89	67	742
" 9 " " . . .	66	37	20	25	52	84	118	147	171	156	117	98	1091
" 10 " " . . .	96	68	50	56	83	114	149	177	202	187	145	129	1456
" 11 " " . . .	126	99	80	87	114	144	180	207	233	218	173	160	1821
" 12 " " . . .	156	130	110	118	145	174	211	237	264	249	201	191	2186
" 2 " Morgens . . .	216	192	170	180	207	234	273	297	326	311	257	253	2916
" 4 " " . . .	276	254	230	242	269	294	335	357	388	373	313	315	3646
Von 4 Uhr Früh bis Son- nenaufgang	32	3	—	—	—	51	75	103	154	125	92	68	728
Von 5 Uhr Früh bis Son- nenaufgang	2	—	—	—	—	21	44	73	123	94	64	38	459
Von 6 Uhr Früh bis Son- nenaufgang	—	—	—	—	—	—	13	43	92	63	36	7	254

Nach obigen Tabellen lässt sich der Jahresbedarf an Glühlampen ziemlich genau berechnen, wenn man die Brennstunden durch die Lebensdauer der Lampen dividirt und mit der Anzahl der brennenden Lampen multiplicirt.

Lampen im Freien pflegt man $\frac{1}{2}$ Stunde nach Sonnenuntergang anzuzünden.

Tabelle 10.
Tabelle zum graphischen Brennkalendar
für 52° nördl. Breite.

	Abends	Von Sonnen- untergang bis												Inclusive Sonn- und Feiertag		Exclusive Sonn- und Feiertag	
		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December	jährliche Brenn- stunden			
6	91-2	62-5	32-5	4-3	—	—	—	—	—	—	5-5	40-6	72-8	96-6	406	338-4	
7	121-6	92-9	62-9	30-9	3-0	—	—	—	—	5-4	33-9	71	103-2	127	651-7	543-1	
8	152	123-3	93-3	61-3	30	16	16-5	33-9	64-2	101-4	133-6	157-4	187-8	1347-7	982-9	819-1	
9	182-4	153-7	123-7	91-7	60-4	46-4	46-9	64-3	94-6	131-8	164	187-8	218-2	1347-7	1347-7	1123-1	
10	212-8	184-1	154-1	122-1	90-8	76-8	77-3	94-7	125	162-2	194-4	218-2	248-6	2077-2	2077-2	1427-1	
11	243-2	214-5	184-5	152-5	121-2	107-2	107-7	125-1	155-4	192-6	224-8	248-6	274	2442	2442	1731	
12	273-6	244-9	214-9	182-9	151-6	137-6	138-1	155-5	185-8	223	255-2	274				2035	
Morgens	1	304	275-3	245-3	213-3	182	168	168-5	185-9	216-2	253-4	285-5	309-4	2806-8	2806-8	2339	
	2	334-4	305-7	275-7	243-7	212-4	198-4	198-9	216-3	246-6	283-8	316	339-8	3171-6	3171-6	2643	
	3	364-8	336-1	306-1	274-1	242-8	229-8	229-3	246-7	277	314-2	346-4	370-2	3536-4	3536-4	2947	
	4	395-2	366-5	336-5	304-5	273-2	259-2	259-7	277-1	307-4	344-6	376-8	400-6	3801-2	3801-2	2351	
bis Sonnen- aufgang von Morgens																	
4	144-6	118-6	88-8	54-7	30	19-8	20	32-8	53	70-3	106-7	137-1	876-4	730			
5	114-2	88-2	58-4	24-3	2	—	—	—	3-6	2-26	39-9	76-3	101-7	536-2	447		
6	83-8	57-8	28	1-5	—	—	—	—	—	0-6	19-5	45-9	76-7	313-8	313-8		
7	53-4	27-4	4	—	—	—	—	—	—	—	—	15-5	45-9	145-2	142-2		

Sonntag und neun Feiertage (jeder zu einem Tag) im Jahre machen ein Sechzigstel der Tage des Jahres aus, so dass die Brennstunden exclusive Sonntage und Feiertage fünf Sechstel betragen.

Sonntage und neun Feiertage (jeder zu einem Tag) im Jahre machen ein Sechzigstel der Tage des Jahres aus, so dass die Brennstunden exclusive Sonntage und Feiertage fünf Sechstel betragen.

Tabelle 11.

Brennstunden für Strassenlaternen.

1. In kleinen Städten jährlich 800 bis 1000 Stunden

„ mittleren „ „ 1500 „ 1600 „

„ grossen „ „ 3000 „ 3800 „

2. Nach Mitternacht brennen:

In kleinen Städten 20 bis 25⁰/₀ aller Strassenlaternen

„ mittleren „ 33 „ 50⁰/₀ „ „

„ grossen „ 50 „ 76⁰/₀ „ „

3. Ein Schnittbrenner hat 12 Normalkerzen und braucht

4 Cubikfuss = 120 Liter Gas.

Tabelle 12.

Resultate von praktischen Messungen an Glühlampen.

I. Volts	Ampères	Normalkerzen	II. Volts	Ampères	Normalkerzen
89.8	0.42	6.33	89.8	0.43	6.7
92.1	0.44	7.65	92	0.45	7.75
94.2	0.42	8.65	94	0.48	8.9
95.9	0.49	9.65	96.1	0.48	10.15
96.8	0.48	10.05	97	0.49	10.60
98.1	0.45	10.75	98.1	0.5	11.65
99	0.5	11.5	99	0.49	12.35
100.1	0.49	12.3	99.9	0.49	12.75
101	0.48	12.7	101.1	0.5	13.65
103.1	0.5	14.15	101.5	0.5	13.8
103.8	0.5	14.85	101.9	0.5	14.45
104.8	0.5	15.55	102.6	0.5	15.1
105.1	0.5	16.05	103	0.5	15.75
			103.4	0.51	16
			103.5	0.5	13.95*)

Die Lampe gab bei der normalen Spannung von 101 Volts bei 0.48 Ampères 14.85 Normalkerzen bei 198.49 Ohms, erforderte mithin 3.26 Volt-Ampères pro Normalkerze.

Bei 16 Normalkerzen 105 Volts 0.5 Ampères hatte sie 198.59 Ohms und brauchte 3.28 Volt-Ampères pro Normalkerze.

*) Die Lampe um 90° um die verticale Achse gedreht.

Die Lampe gab bei der normalen Spannung von 101.5 Volts bei 0.5 Ampères, 13.8 Normalkerzen, erforderte somit 3.68 Volt-Ampères pro Normalkerze.

Bei 16 Normalkerzen 103.4 Volts 0.5 Ampères hatte sie 195.28 Ohms und brauchte 3.30 Volt-Ampères pro Normalkerze.

Vorstehende Messungen wurden 1888 an zwei verschiedenen Lampen ausgeführt, sie zeigen zugleich den Zusammenhang zwischen Spannung, Leuchtkraft und Stromstärke.

Tabelle 13.

Widerstandsregulator

um eine Lampe von 16 Kerzen mit 0·5 Ampères bei 100 Volts von der normalen Helligkeit bis zum Dunkelwerden zu verändern.

Kerzen	Volts	Ampères	Widerstand von jeder Abtheilung in Ohms
16	100	0·50	0·0
13·6	98	0·49	5
12·2	96	0·48	5
10·7	94	0·46	5
9·4	92	0·45	5
8·2	90	0·44	5
7·1	88	0·43	5
6·1	85	0·42	5
5·2	83	0·41	5
4·3	83	0·39	5
3·5	79	0·38	9·5
2·9	77	0·37	6
2·4	76	0·36	6·5
2·0	74	0·35	7·2
1·7	73	0·34	8·5
1·4	71	0·34	9·2
1·2	70	0·33	10
0·9	65	0·31	13
0·7	64	0·29	17·5
0·55	60	0·27	26
0·45	54	0·24	40
0·35	48	0·21	55
0·25	39	0·16	110
0·20	25	0·10	385

Die Lichtmenge einer Glühlampe ändert sich nach dem Gesetz $L = k \cdot J^6$, wo J die Stromstärke und k eine bei jedem System sich ändernde Constante ist. *)

Tabelle 14.

Der Preis einer Glühlampe

setzt sich aus folgenden Factoren zusammen: **)

Material		Arbeitslohn
zur Anfertigung	zum Betriebe	
Platin **), Ballon, Bleiglas, Contact, Faden- material	Carbonisiren, Präpariren, Glasbläserei (Gasverbrauch), Heizung, Feuerung, Beleuchtung, Schmieröl, Putzmaterial	Verkohlen, Ziehen, Präpariren, Aufsetzen der Fäden, Ballonblasen, Einschmelzen der Drähte, Einsetzen und Absprengen, Kohleneinsetzen und Zuschmelzen, Abstechen der Spitzen, Auspumpen, Photometer und Inductionsapparat, Eingypsen, Löthen, Putzen, Arbeiten im Lager und Versandt.
Verlust durch Bruch.		

Gehalte, Miethe.

Tabelle 15.

Oberfläche der Fäden pro Kerze.

$$65 \text{ Volts } 25 \text{ Kerzen} = 3.3 \text{ mm}^2$$

$$50 \quad \text{ " } \quad 10 \quad \text{ " } = 5.1 \text{ mm}^2$$

$$50 \quad \text{ " } \quad 16 \quad \text{ " } = 4.6 \text{ mm}^2$$

*) Siehe Dr. Hugo Krüss: „Die elektrische Photometrie“, Wien 1886, Hartleben, S. 215.

**) Siehe auch die Angaben S. 57.

***) Die Menge des gebrauchten Platindrahtes berechnet sich je nach dessen Länge und Stärke. Bei Lampen mit Platinösen ist der Platindraht 36 bis 37 mm lang, 100 Stück wiegen bei 0.4 mm Stärke 7.20 bis 10.25 g, bei 0.5 mm Stärke 9.4 bis 12.0 g.

50	Volts	20	Kerzen	=	3.7 mm ²
50	"	25	"	=	3.2 mm ²
100	"	16	"	=	4.5 mm ²
100	"	10	"	=	5.1 mm ²
100	"	20	"	=	4.0 mm ²
100	"	25	"	=	4.1 mm ²

Obige Zahlen sind nicht als normale Grössen zu betrachten, sie sollen nur ein Beispiel von praktisch untersuchten Lampen geben. Im Allgemeinen wird man 4 mm² pro Kerze zu rechnen haben.

Tabelle 16.

Zur Herstellung von täglich 1000 Stück Glühlampen

sind ungefähr nötig:

Apparate:	Arbeiter:
2 Photometer	10 Fadenzieher
4 LÖthapparate	5 Fadenaufsetzer
8 Gypsapparate	5 an den Photometern
40 bis 50 Blastische	2 an den Inductionsapparaten
6 Präparirapparate	5 im Lager und Versandt
40 Handpumpen	3 in der mechan. Werkstatt
400 Widerstände f. die Pumpen	1 Heizer, 1 Maschinist
5 Gestelle für je 80 Lampen	12 zum Gypsen und LÖthen
als Gerüst für die Pumpen	50 Glasbläser
4 Inductionsapparate	40 Pumper
25 Centner Quecksilber	8 zum Präpariren
	141 Mann incl. Meistern.

Die Zahl der Arbeiter lässt sich um 30 bis 40 reduciren, wenn der Handbetrieb so viel als möglich durch Maschinenbetrieb ersetzt wird.

An Flächenraum:

	Quadratmeter		Quadratmeter
Glühöfen und Schmiede	50	Pumpstation	160
Kesselhaus	70	Glasbläser	140
Maschinenhaus	80	Präparatur	50
Fadenzieher	40	Laboratorium	35
Fadenaufsetzer	20	Nebenzimmer dazu	20
Gypserei	50	Mechaniker	50
Lötherei	20	Techniker	40
Lager für Lampen	200	Allgemeine Geschäftsräume	150
Materialienlager	120		

oder circa 590 m² bebaute Grundfläche, wenn nur ein- bis zweistöckig gebaut.

Tabelle 17.

Leuchtkraft verschiedener Lichtquellen.

	Winkel gegen Horizont	Normalkerzen	Oelverbrauch in Gramm	
			pro Stunde	pro Kerzenstunde
1. Petroleumlampen. *)	Grad			
Gewöhnl. 25 Millimeter-Rundbrenner	0	16.1	54.2	3.37
	45	12.3	53.6	4.36
30 Millimeter-Rundbrenner mit Platte	0	19.2	63.4	3.30
	45	11.1	61.1	5.51
2. Gaslampen mit (Hannöver'sches Gas):	Winkel gegen Horizont	Normalkerzen	Gasverbrauch	
			Cubikmeter pro Stunde	Liter pro Kerzenstunde
Schnittbrenner (6 Cubikfussbrenner)	0	16.9	0.251	14.8
	45	17.2	0.156	19.9
Auer's Gasglühlicht (Mod. von 1888)	0	14.4	0.0951	6.6
	45	10.5	0.1037	9.88

*) Dr. Heim: „Centralblatt für Elektrotechnik“, Bd. IX, S. 463.

	Winkel gegen Horizont	Normal- kerzen	Gasverbrauch	
	Grad		Cubikmeter pro Stunde	Liter pro Kerzen- stunde
Argandbrenner	0	21·9	0·239	10·9
	45	19·4	0·241	12·4
Siemens' Regenerativ Nr. 3	0	65·3	0·460	7·05
	45	46·9	0·456	9·75
Siemens' Regenerativ Nr. 1	0	222	1·621	7·30
	30	162	1·614	9·96
	45	132	1·604	12·20
Wenham-Brenner Nr. 2	0	28·4	0·249	8·77
	45	44·5	0·257	5·77
	90	45·8	0·256	5·58
Wenham-Brenner Nr. 4	0	99	0·685	6·92
	25	152	0·686	4·51
	45	170	0·677	3·98
	65	200	0·685	3·42
	90	202	0·671	3·33

Tabelle 18. Normalkerzen.

Lichtquelle	Flammhöhe in Millimeter	Lichtstärke in Münchener Stearinkerzen	Anmerkung
Münchener Stearinkerze .	52	1	10·4 g pro Minute
Deutsche Paraffinkerze*) .	50	0·96	12 Stück = 1 kg
Englische Walrathkerze .	44·5	0·94	7·77 g pro Stunde**)
Französische Carcellampe	40	7·6	42 g Colzaöl***)
Amylacetat-Lampe	43	0·94	8 mm Dochtröhre
Vielle-Platineinheit	—	16·4	Pariser Conferenz 1884

*) 20 mm stark, Docht mit 24 Fäden.

**) 120 Grains englisch.

***) Dochtröhre 30 mm weit.

Tabelle 19.
Leuchtkraft verschiedener Gasflammen in Berlin. *)

Art der Flamme	Normal-kerzen	Stündlicher Gasverbrauch Liter	
1. Grosse Strassenbrenner . .	18	195	In Breslau 180 l bei 15·5 bis 16 engl. Kerzen Nach Mitternacht bei halbem Consum 400 l
2. Siemens' Regenerativ Nr. 2 .	135—150	800	
3. Bray-Brenner .	110	400	
4. 5 Lacarrier-Brenner . . .	108	200	4·2 l Gas pro N.-K. und Stunde
5. Siemens' Regenerativ Nr. 1	400	1600	

Die Stadt zahlt an die Imperial Continental Gasassociation für eine Strassenflamme:

Für die ganze Nacht 95·50 Mark

„ „ halbe „ 49·40 „

jährlich incl. Bedienung und Reparatur.

Nr.	Regenerativ-Brenner			Bemerkung
	Liter Gas pro Stunde	Normal-kerzen	Liter Gas pro Normalkerze und Stunde	
IV	200—250	35—45	5·6	Ein Argandbrenner giebt mit 150 l Gas stündl. 16·9 N.-K. und braucht also pro Kerze und Stunde 88 l.
III	350—450	60—90	5·3	
II	600—700	130—180	4·2	
I	1400—1600	300—400	4·2	
0	2000—2200	500—600	3·8	
00	2400—2600	650—750	3·5	
000	3800—4000	1000—1100	—	

*) Vorstehende Angaben sind dem Journal für Gasbeleuchtung 1882 entnommen.

Tabelle 20.

Das Maass der Beleuchtung.

Die Berechnung der für die Beleuchtung von Räumen erforderlichen Leuchtkraft richtet sich zunächst nach der Grösse derselben und der Höhe, in welcher die Lampen hängen sollen. Es ist jedoch auch stets zu berücksichtigen, welchen Zwecken die Räume dienen sollen. Eine Mühle wird weniger Lampen brauchen als eine Weberei. Am schwierigsten gestaltet sich die Aufgabe bei Beleuchtung öffentlicher Räume, z. B. eines Wirthshauses. Hier ist der Charakter des Hauses als auch die Farbe der Wände und Decken zu berücksichtigen; die Lampen sollen das meiste Licht auf die Tische, und zwar auf alle gleichviel werfen.

Mit einer einzelnen Lampe erreicht man auf einer wagrechten Fläche die grösste Helligkeit, wenn man sie in der Mitte der Fläche so aufhängt, dass die Höhe h über derselben das 0.7fache des Radius b dieser Fläche wird, also $h = 0.7 b$ ist. Bezeichnet man mit J die Kerzenzahl der Lampe, dann ist die Beleuchtung B der Fläche

$$B_M = \frac{2J}{b^2} \text{ Meterkerzen in der Mitte und}$$

$$B_R = \frac{1.1 J}{b^2} \text{ Meterkerzen am Rande des Kreises.}^*)$$

Nach Professor Cohn in Breslau genügen 50 Meterkerzen, um das Tageslicht zu ersetzen, während 10 Meterkerzen als geringste Helligkeit zu betrachten ist, wenn die Augen nicht leiden sollen. Hieraus ergibt sich für eine 16kerzige Glühlampe für $h = 0.7 b$ Folgendes:

*) Siehe „Hilfsbuch für Elektrotechnik“, S. 412, von Grawinkel und Strecker.

Meterkerzen in der Mitte der Fläche	Höhe der Lampe über der Fläche	Beleuchtung am Rande des Kreises	
	Meter	beim Radius $b = \frac{0.7}{h}$	Meterkerzen
50	0.56	0.8	27
40	0.63	0.9	22
30	0.70	1	16
25	0.79	1.1	14
20	0.89	1.3	11
15	1.02	1.5	8
10	1.25	1.8	6

Aus dieser Tabelle geht klar hervor, welchen Einfluss die Höhe der Lampe auf die Helligkeit ausübt. Man darf also nicht nur Anzahl und Kerzenzahl der Glühlampen wählen, sondern muss auch vor allen Dingen die Höhe der Lampen über der Fläche berücksichtigen; dies ist bei Benützung der nachstehenden Tabelle auch nicht ausser Acht zu lassen:

Abmessungen des Raumes			Anzahl Flammen	Höhe über dem	Eine 16kerzige Glüh- lampe genügt für	
M e t e r				Fuss- boden		
lang	breit	hoch		Meter		
4.6	4.7	3.8	2—3	2 — 2.2	8 m ² bei 2 m	} Höhe der Aufhängung
5.6	5.6	4.4	5—6	2 — 2.4	7 m ² „ 2.5 m	
7.5	7.5	5.3	9—12	2.5—2.8	6.2 m ² „ 3 m	
10	10	6.9	16—20	2.8 — 3.1	6 m ² „ 3.5 m	
12.5	12.5	9.4	25—30	3.5—3.8	5.8 m ² „ 4 m	
5.7	15.7	12.5	40—45	4 — 4.4	5.6 m ² „ 4.5 m	
18.8	18.8	14	60—70	4.7—5.3	5.4 m ² „ 5.5 m	
22	20	15.7	100—120	5.6—6.3	5.25 m ² „ 6 m*)	

*) Nach Herzberg.

Tabelle 21.

Dauer der Glühlampen.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass eine Glühlampe, welche mit einer Spannung betrieben wird, die einige Volts unter derjenigen liegt, für welche der Faden bestimmt ist, oft sehr lange hält, ehe der Faden bricht. Es kommt auch vor, dass die Lampen nach einer Benützung von 4000 bis 5000 Stunden fast gar nicht mehr leuchten, der Faden bricht dann auch überhaupt nicht mehr. Andererseits ist die Haltbarkeit um so geringer, je höher die Betriebsspannung über der normalen liegt. Nachstehende Zahlen, welche eine asymptotische Curve geben, veranschaulichen obige Ausführungen. *)

Eine 16kerzige Lampe brennt mit		Eine 10kerzige Lampe brennt mit	
Normalkerzen	Stunden	Normalkerzen	Stunden
10	5550	8	2260
11	3963	9	1470
12	2857	10	1000
13	2134	11	714
14	1628	12	512
15	1292	13	385
16	1000	14	294
17	802	15	233
18	651	16	179
19	534	17	145
20	443	18	118
21	371	19	96
22	312	20	80
23	266		
24	228		
25	196		
30	163		

*) Nach angeblichen Versuchen 1883 mit Edison-Lampen.

Unsere heutigen Lampen mit nur 3 Watts pro Kerze ertragen 25 Procent Ueberspannung sehr oft höchstens 18 Stunden, weil irgend eine schwache Stelle im Faden stärker glüht und dann bricht.

Andere Versuche*) über die Dauer der Glühlampen haben folgende Ergebnisse gehabt mit einer 16kerzigen Edison-Lampe:

Lebensdauer

1. Bei 100 Volts, im Mittel 1000 Stunden

"	99	"	"	"	1277	"
"	98	"	"	"	1645	"
"	97	"	"	"	2135	"
"	96	"	"	"	2751	"
"	95	"	"	"	3595	"

2. Bei 100 Volts, im Mittel 1000 Stunden

"	101	"	"	"	785	"
"	102	"	"	"	601	"
"	103	"	"	"	477	"
"	104	"	"	"	375	"
"	105	"	"	"	248	"

Versuche mit verschiedenen Lampen derselben Fabrik gaben alle fast die gleichen Ergebnisse.

Herr F. M. Wright**) hat für die Lebensdauer der Lampen folgende Formel aufgestellt: Es sei

L = Stunden Lebensdauer

V = Betriebsspannung in Volts

*) Siehe „Electrician“, 31. Januar 1885, S. 246. Nr. 1 sind Versuche von G. Foussah in London, Nr. 2 Versuche in Ivry-sur-Seine in der Lampenfabrik der Pariser Compagnie Edison. Siehe auch das Capitel 24 dieses Buches über den wirthschaftlichen Betrieb der Glühlampen.

**) Siehe „Electrician“, 21. Februar 1885, S. 311.

und V_0 , L_0 die entsprechenden Zahlen für eine andere Lampe L_1 , so ist $V_0 - V = k \cdot \log \frac{L}{L_0}$, wo k eine Constante bedeutet, die für jedes System ermittelt werden muss. V_0 und L_0 sind zusammen gleich einer constanten Zahl. Um k zu ermitteln, nehmen wir die Ergebnisse der Versuche von Foussah, dann erhalten wir:

$$V_0 - 95 = k \cdot \log 3595 - \log L_0 \text{ und}$$

$$V_0 - 96 = k \cdot \log 2751 - \log L_0 \text{ subtrahirt}$$

$$\text{gibt } 1 = k \cdot (\log 3595 - \log 2751), \text{ also}$$

$$k = \frac{1}{\log 3.595 - \log 2.751} = 8.60523.$$

Inwieweit diese Rechnung annähernd genaue Resultate ergiebt, zeigen die nachstehenden Zahlen:

Vergleichende Uebersicht.

Volts	Lebensdauer		Differenz	Procent Abweichung
	berechnet	versucht		
95	3544.4	3595	+ 40.5	1.4
96	2752	2751	- 1	- 0.04
97		2135		
98		1645		
99	1287.9	1277	- 10.9	- 0.8
101		785		
102		601		
103		477		
104		375		
105	282.1	284	+ 1.9	+ 0.7

Die Rechnung stimmt also mit den Versuchen an vier verschiedenen Stellen mit genügender Genauigkeit überein.

Nach Versuchen von Siemens & Halske nimmt die Stromstärke einer Glühlampe von 16 Kerzen, 120 Volts und 0·550 Ampère (mit 66 V.-A.) ab in 800 Stunden auf 0·528 Ampère, der Widerstand (heiss) ist also in dieser Zeit gestiegen. Wenn daher der Faden nicht durch schwache Stellen frühzeitig zum Brechen kommt, muss der Widerstand sich so lange vergrössern, bis die Stromstärke und mithin die Leuchtkraft praktisch beinahe Null werden. Bei dem heutigen billigen Preise der Glühlampen ist es also ökonomischer, die Lampen schon nach 600 bis 800 Stunden umzuwechseln, besonders wenn man einer stets gleich bleibenden Beleuchtung bedarf. Es ist daher ganz zwecklos, von den Fabriken Garantien über 1000 Stunden hinaus zu verlangen, besonders bei Lampen von hoher Oekonomie, weil die Helligkeit in 800 Stunden schon um 12 bis 14 Procent abnimmt.*)

*) Siehe auch Versuche von Siemens & Halske, „Elektrotechnische Zeitschrift“, November und December 1885, Berlin.

VI. Die Entwicklung der Glühlampe in technischer und commercieller Hinsicht.

Was ich in der Einleitung über die historische Entwicklung der Glühlampe gesagt habe, findet sich vollkommen bestätigt in dem hochinteressanten kleinen Werkchen von Fr. L. Pope*), das mir leider erst zu Gesicht kam, als die Correcturen beinahe vollendet waren. Da der genannte Verfasser in rein objectiver Weise an der Hand von Patenten, Briefen, Vorträgen und Mittheilungen der Tagespresse die Fortschritte der Glühlampe verfolgt und die Patentrechte wie die Verbreitung des Glühlichts in der Praxis eingehend erörtert, so will ich hier in Kurzem die Resultate der Forschungen des Mr. Pope mittheilen, da sie für viele Kreise nicht ohne Nutzen sein werden.

Sowohl die Priorität als Originalität Edison's, die bei uns in Europa so lange Zeit als unzweifelhaft galt, erleidet hier eine sehr starke Reduction. Die übertriebenen Ansprüche seiner Geldleute werden im „Boston Advertiser“ vom 23. December 1879 wie folgt charakterisirt:

*) Evolution of the electric Incandescent Lamp. Henry Cook Elizabeth. 1889.

On the other hand, the invention of Mr. Edison, which is nil as yet, is the property of a corporation whose shares can be and have been run up to fabulous prices, or rather quotations, by the same story. The whole outcome of the Edison light is a double stock-jobbing enterprise.

Gleich auf dem ersten Blatt giebt Mr. Pope eine Uebersicht bezüglich der Erfindungen von Dynamos und Glühlampen, welche ich zum Schlusse dieses Abschnittes in Uebersetzung mitgetheilt habe. Es wird vom Verfasser nachgewiesen, dass schon W. R. Grove, der Erfinder der nach ihm benannten galvanischen Zellen in 1840, eine Glühlampe mit Platinspirale machte und J. W. Starr am 4. November 1845 und J. W. Draper 1847 Incandescenzlampen mit Platin, der Erstere auch mit Kohle, versuchten. Schon im Juli 1859 erleuchtete Moses G. Farmer sein Haus mit getheiltem elektrischen Licht. Derselbe betrieb 1875 schon mit Dampf auf der Torpedostation eine elektrische Maschine, die für 42 Platinglühlampen den Strom lieferte.

Die selbsterregende dynamo-elektrische Maschine wurde von mehreren zugleich erfunden, nämlich 9. November 1866 von M. G. Farmer, December 1866 von W. Siemens, 24. December 1866 von S. A. Varley. Am 14. Februar 1867 folgte Wheatstone mit gleicher Erfindung, während Gramme erst am 11. April 1870 ein französisches Patent nahm.

In Bezug auf das Glühlicht hatte W. E. Sawyer sowohl auf die Parallelschaltung der Lampen, der Vertheilung des Stromes und der Anwendung von glühenden Kohlenkörpern längst am 27. Juni und 10. August 1877 und Sawyer & Man Januar und 5. Juni 1878 Patente

nachgesucht, auch am 8. Juli 1878 die Electro-Dynamic Light Company begründet, ehe Jemand auch nur Edison's Namen kannte.

Am 11. September 1878 nennt zum erstenmale „New York Sun“ Edison's Namen und theilt mit, dass er am 8. September mit Professor Barker, Chandler und seinem Gehilfen Mr. Batchellor in Ansonia die neu von Mr. Wallace erfundene Maschine, Telemachon genannt, besichtigte, welche 8 elektrische Lampen zu je 4000 Kerzen speiste. Mr. Edison war überrascht, er rannte zwischen den Messinstrumenten, der Maschine und den Lampen hin und her, er sprang über einen Tisch fix wie ein Kind und stellte allerlei Berechnungen an. Die Zeitung fährt dann fort, dass Mr. Edison glaube, vermittelst der Maschine von Wallace könne man Kraft und Licht auf entfernte Orte übertragen und sie löse auch die Theilung des elektrischen Lichtes.

Nachdem also Sawyer & Man ihr System, elektrische Kraft und Licht von einer Centralstation aus zu vertheilen, in dem Patent Nr. 205.305 vom 25. Juni 1878 dargelegt und Wallace die Theilung des Lichtes auch praktisch vorgeführt hatte, erscheint am 16. September 1878 im „Sun“ ein Artikel über höchst wichtige Erfindungen Edison's in Menlo Park. Gramme, Siemens, Brush und Wallace hätten bisher nur eine geringe Zahl bis zu 10 grossen elektrischen Lampen von einer Maschine aus erzeugt. Mr. Edison jedoch war es vorbehalten, das schwierige Problem der Theilung des Lichtes zu lösen, und das hätte er nach seiner eigenen Aussage in wenigen Tagen gelöst. Er könne 1000, ja 10.000 Lampen von einer Maschine aus treiben und eine ganze Stadt mit Licht versorgen etc.

Am 28. September 1878 erschien im „New York Tribune“ ein neuer Artikel, dass Edison mit einem Chemiker eine Composition suche, die besser als Platin geeignet sei. Wenn man mit diesen Auslassungen den zwei Jahre zuvor erstatteten Bericht des Elektrikers der Torpedostation an den Secretär der Marine nach Washington (von 1876 S. 161) vergleicht, so findet man hier bereits Versuche mit Platin und Iridium für Glühlicht. Da ferner Edison dem Reporter gegenüber äusserte, er könne die anderen Erfinder schlagen, da er bessere Mittel zum Versuchen habe, es auch nur zunächst ihm darum zu thun sei, for getting ahead of the other fellows, so geht daraus hervor, dass er um jene Zeit irgend welche wichtigen Erfindungen durchaus noch nicht in Bezug auf Licht vervollkommnete, jedoch keineswegs ohne Kenntniss von den Arbeiten von Sawyer & Man war, die ja einige Monate zuvor ihre elektrische Gesellschaft errichtet hatten.

Mr. Pope beschreibt nun, wie alle Welt durch die übertriebensten Depeschen und Berichte über Edison's wunderbare Erfindung in Bewegung gesetzt wurde, wie die Gasactien rapid sanken und man Edison 100.000 Dollars sofort zur Verfügung stellte. Jedoch nicht alle Zeitungen liessen sich zu dieser Mache missbrauchen. Der Pariser „Figaro“ brachte zur Abkühlung eine ergötzliche Skizze über das „Bunkumphone“. Diese neue originelle, amerikanische Erfindung sei eine Combination des Telephons, des Phonographen und anderer „Phono-grips“, ausschliesslich zum Gebrauch für Finanzleute erfunden und construiert. Es bestehe aus einer vibrirenden Scheibe, welche durch ein Kabel ähnliche Scheiben auf unserem Continent der Dummköpfe in

Bewegung versetze. Die Scheibe in New-York sei von Silber und gleiche einem Dollar etc.

Nachdem diese Thatsachen vorausgegangen waren, meldete Edison das erste Patent Nr. 214.636 5. October 1878 an, auf glühende Platinspirale mit thermischem Stromregulator; es folgen noch die Patente Nr. 214.636/37 22. April 1879 und Nr. 218.866 26. August 1879, die auch nichts weiter enthalten, als geringe Aenderungen der ersten Idee.

Höchst charakteristisch für Edison's Thätigkeit um jene Zeit ist das Patent Nr. 218.166 vom 5. August 1879, das er am 3. December 1878 eingereicht hatte. Er beschreibt hier die Erfindung einer neuen Dynamomaschine vermittelt einer vibrirenden grossen Stimmgabel, welche gestattet: starke elektrische Ströme durch einen geringen Kraftaufwand zu erzeugen! „Saturday Review“ vom 10. Januar 1880 sagt darüber: Jeder Gebildete würde es nicht für möglich halten, dass Jemand allen Ernstes einen solchen Unsinn vorschlagen könnte, wenn es nicht in einer Patentschrift stünde.

Zieht man das Facit von Allem, was Edison bis Ende 1878 erreicht hatte, so ergibt sich, dass er nichts weiter als die alte Idee mit Platin und Iridium verfolgte, also wie von Anfang an durchaus auf falscher Fährte war. Während Sawyer bereits am 23. November 1878 im „Commercial Advertiser“ erklärt: dass er schon ein Jahr, ehe Edison an Glühlicht dachte, die Platinspirale als nutzlos verworfen und Kohle angewendet habe, erklärt Edison am 11. December 1878 (authentisch) im „New York Herald“: „I use no carbon.“ Das einzig Wahre sei ein glühender Metalldraht. Es wird ferner darauf hingewiesen, dass auch Alfred Niaudet

schon Anfangs 1879 in Frankreich die Kohle für besser als Platin erkannte für Incandescenz (*Cronica Cientifica Tel. Jour.* vol. VII, p. 119, 1. April 1879).

Es war absolut kein Grund vorhanden, wiederholt Edison's Verdienste hervorzuheben, wie es der Vorsitzende der Edison Electric Light Company am 23. November 1878 that. Dieser Herr Eduard H. Johnson erklärte, dass Edison ganz abweichend von allen Anderen bei seinen Erfindungen besondere Wege einschlage und rühmt seinen neuen Generator, über welchen der „London Engineer“ sagt: Herr Edison scheint mit Erfolg die schlechteste magnet-elektrische Maschine erzeugt zu haben, die je gemacht wurde, nämlich die „Tuning-Fork-Dynamo“.

Anfangs des Sommers 1879 scheint Edison Bedenken bekommen zu haben, dass die Ausbeute der ganzen Erde an Platin den Bedarf zur Fabrikation von Glühlampen nicht decken könnte. Es scheint daher, schreibt *Tel. Jour.* vol. VII, Seite 267, 15. August 1879, dass er ein Dutzend Agenten in die ganze Welt gesandt hat, um neue Quellen für dies kostbare Metall zu suchen. Zu dieser Zeit gewann Edison einen sehr tüchtigen Mathematiker für seine Versuche, Herrn Francis R. Upton, der bei Professor Brackett in Princeton und bei Helmholtz in Berlin Physik studirt hatte. Herr Upton bestätigt, dass Anfangs 1879 Edison erkannt habe, dass für eine gute Glühlampe ein hoher Widerstand erste Bedingung sei. Dies bestätigt auch das Patent Nr. 227.229, das zwar am 21. April 1877 abgefasst, jedoch erst am 4. Mai 1880 ausgelegt wurde. In diesem Patent wird ein Glühkörper beschrieben aus 30 Fuss Platindraht von 0.005 Zoll Stärke, der um einen Kalkcylinder gewunden war und

glühend 750 Ohms Widerstand hatte. Dies war zwar der erste wichtige Schritt, den Edison für die Glühlichtbeleuchtung that, aber neu war er durchaus nicht, denn Sawyer's Patent vom 21. August 1877 enthielt bereits genau dasselbe, indem er im Patentanspruch hervorhebt, dass er einen Körper, wie z. B. einen Kalkcylinder durch Umwinden mit einem Leiter so zum Glühen bringt, dass er Licht ausstrahlt, sobald genügend Strom hindurchgeht.

Auch der Anspruch Edison's, für das Glühlicht zuerst einen Leiter in einem evacuirten Glaskörper eingeschlossen und zum Glühen gebracht zu haben, ist hinfällig, da W. Crooks bereits 1877 und 1878 sein Radiometer mit einem glühenden Platindraht unter den rotirenden Flügeln publicirt hatte. Auch war schon 1878 von Maxim constatirt worden, dass die Platinlampe zwecklos sei, nicht allein wegen zu kurzer Dauer, sondern auch wegen zu hohen Preises.

Bis zum Herbst 1879 versuchte Edison mehr im Stillen seine Platinlampe, bis sein Assistent Upton nachwies, dass mit Metallen für Glühlicht nichts zu machen sei; ein Resultat, das allerdings Maxim und Sawyer bereits 1878 gehabt hatten. Diese wieder schienen aus Versuchen von Dr. J. W. Draper 1847 in Silliman's Journal und in Phil. Magazine gelernt zu haben.

Sawyer & Man versuchten Mitte Februar 1878 Gasretortenkohle in einer Flasche, durch welche Leuchtgas strömte. Am 6. März versuchte man eine Bleistiftlinie auf Papier, wobei das Papier verkohlte. Durch diesen Zufall kam man auf die Idee, Papier in einer Leuchtgasatmosphäre durch den Strom einer Dynamo zu verkohlen. Das Papier schrumpfte hierbei jedoch ungleich zusammen

und man gab ihm deshalb die Form eines Hufeisens, so dass sie nun praktisch brauchbare Kohlen erzeugten. Später verkohlten sie diese Bügel in einem eisernen Gefäß mit Graphitpulver und kamen nunmehr zu der Erkenntnis, dass verkohltes faseriges Material wie die Papierkohle als Glühkörper brauchbar sei. Man versuchte verschiedene Sorten Papier und Holz, aus denen man Körper verschiedener Formen, gerade, gebogen und V-förmig formte. Die „New York Times“ brachte am 19. März 1878 eine Beschreibung einer solchen Lampe mit einem kurzen glühenden Körper aus einer geheim gehaltenen Masse. Im Juni 1878 hatte man Lampen von 100 bis 200 Kerzen tage-, selbst wochenlang gebrannt. Am 15. October 1879 verlegt man das Laboratorium nach der Ecke von Walker- und Elmstreet in New-York, woselbst Lampen mit Papier und Holzkohle vielfach ausgestellt und gezeigt wurden. Man hatte auch bereits ermittelt, dass der Glühkörper länger hielt, wenn die Lampe mit einer Luftpumpe evacuirt wurde.

Die „New York Evening Post“ brachte eine Beschreibung der ersten Ausstellung von Sawyer's Lampen am 30. October 1878 und „Scientific American“ eine gleiche am 7. December 1878 mit Abbildungen der Lampen. Ende 1879 war Sawyer aus der Electro-Dynamic Company ausgetreten, gründete die Eastern Electric Manufacturing Company und gab sich alle Mühe, der ersteren zu schaden. Während durch diese Umstände die weitere Verbreitung von Sawyer's Lampe ungünstig beeinflusst wurde, erschienen plötzlich in den Tageszeitungen am 14. December und im „New York Herald“ am 21. December 1879 prahlerische Artikel über Edison's Erfindung des Kohlenbügels aus Papier. Ich muss es mir versagen,

die ausführlichen marktschreierischen Artikel aus Pope's Buch hier wiederzugeben. Sie stellen alles in den Schatten an Kühnheit und Unwahrheiten, was man uns hier in Deutschland aufzubinden versuchte: „The great inventor“; „such a beneficent result the world might well hesitate to accept etc.“ sind die gelindesten Lobeserhebungen, die man sich leistete. „Splinters of wood, straw, paper and many other substances never before used“ habe Edison angewendet für seine Lampe.

Edison's Patent auf eine Glühlampe mit Papierkohle wurde am 11. December 1879 nachgesucht, in welchem er angiebt, dass er Bristolcarton als Material vorzieht. Die Zeitungen bemächtigten sich alsbald dieser wüsten Reclame und erklärten, Edison's Erfindung sei nichts werth, sie sei nichts Neues, sondern eine Aenderung der 15 Monate zuvor schon von Sawyer-Man gemachten Erfindung. Sie kennzeichnen das ganze Verfahren, überall in den Städten Gesellschaften zu gründen, als gewissenlose Manipulationen des Actienwuchers. In Paris und London bemühte man sich, durch allarmirende Depeschen die Gasactien zum Sinken zu bringen und das Interesse rege zu halten, Edison selbst wie sein Secretär Mr. Griffin gaben telegraphisch die übertriebensten Auskünfte.

Die Electrodynamical Light Company begriff nun endlich, dass es sich eigentlich um die ihr gehörige Erfindung Sawyer's handelte und erhob Einspruch gegen Edison's Patent beim Patentamte am 23. September 1880. Sie beeedeten (Sawyer und Man) und bewiesen durch Zeugen, dass sie bereits im Herbst 1878 die von Edison beanspruchten Erfindungen gemacht hätten. Am 24. Juli 1882 wurden die Verhandlungen wieder aufgenommen und am

2. Juni 1883 nochmals vor dem Patentamt verhandelt und Sawyer wie Man die Priorität zugesprochen. Ein neuer Versuch am 14. Februar 1885, gegen diese Entscheidung anzukämpfen, scheiterte, und die Edison-Leute wurden endgiltig mit dem Entscheid abgewiesen, dass es ganz klar erwiesen sei, dass Sawyer und Man die ersten Erfinder einer Glühlampe mit verkohltem Papier als leuchtenden Leiter gewesen seien. Auch das Patent Nr. 317.676 Sawyer's vom 12. Mai 1885, das am 9. Januar 1880 schon nachgesucht wurde, erhärtet unzweifelhaft obige Entscheidung. Es sind in demselben Zeichnungen mit circa 10 mm langen Kohlenbügeln und auch der Anspruch auf Anwendung einer Kohle aus Faserstoffen enthalten. In Folge dessen versuchten Edison's Anwälte nochmals am 27. Juni 1885 seinem Patente eine diesbezügliche Auslegung zu geben, doch ohne allen Erfolg. So endete der Streit, der vier Jahre und neun Monate das amerikanische Patentamt beschäftigt hatte.

Sawyer und Man waren getheilter Ansicht, ob eine kurze, dicke oder eine lange dünne Kohle besser sei. Jedenfalls konnte ein Kohlenfaden nur nach ihrem Verfahren hergestellt werden. Selbst wenn also Edison das letztere eigenthümlich wäre, kann es nicht als besondere Erfindung gelten. Edison versuchte diesem Mangel durch ein neues Patentgesuch am 27. Januar 1880 abzuhelpen, indem er besonders den Anspruch auf einen Kohlenfaden erhob. Die Rechtmässigkeit dieses Anspruchs ist leider niemals geprüft worden, da Edison's Patente vom 4., respective 17. November 1879 zufolge rein juristischer Bestimmungen der Patentgesetze in den Vereinigten Staaten von Nordamerika und in Canada annullirt wurden.

Praktisch eingeführt hat Edison allerdings das Glühlicht, indem er 1879 als erste Installation den Dampfer „Columbia“ mit 115 Lampen versah. Drei Dynamos gaben den Strom für dieselben, während die vierte die ersteren erregte. In Menlo-Park veranstaltete er 1880 eine Ausstellung, welche täglich von Tausenden besucht wurde. Im selben Jahre wurde die New Yorker Edison Electric Illuminating Company gebildet und im December gleichen Jahres die Concession für die Centrale nachgesucht. Die inzwischen noch gegründete Edison-Company for Isolated Lighting installirte bis Juni 1882 an 10.424 Lampen. Die Centralstation in New-York war im Herbst 1882 vollendet und wurde am 4. September mit 2323 Lampen in 85 Gebäuden eröffnet. Bis April 1884 hatte sich die Lampenzahl auf 11.272 mit 500 Häusern erhöht, während bis dahin 307 einzelne Anlagen mit zusammen 59.173 Lampen gemacht wurden.

Im November 1880 wurde die Lampenfabrik in Menlo-Park errichtet und dieselbe am 1. April 1882 nach East Newark N. J. verlegt.

Eine locale Gesellschaft als Sawyer-Man Illuminating Company wurde als dritte Gesellschaft am 16. Juli 1883 von Sawyer begründet, welche nun nach der Abweisung Edison's auch ihrerseits Installationen machte. Beide Lampen, sowohl die Edison's als Sawyer's, hatten viel Aehnlichkeit mit dem Crooks'schen Radiometer, mit dem einzigen Unterschied, dass der glühende Leiter bei den ersteren länger war.

Herr Pope bespricht nun noch das Präpariren der Kohlenfäden in Kohlenwasserstoff, das Sawyer und Man schon 1878 als nützlich erkannt und in ihrem Patente Nr. 211.262 vom 7. Januar 1879 beschrieben hatten. Ein

Patent, das diesen Process ausführlich wie das obige beschreibt, nahmen Sawyer und Man unter Nr. 4847 1878 in England durch ihren Agenten F. J. Cheesbrough, welches von der Edison & Swan United Electric Light Company in London angekauft wurde. Zufolge dieses Patenten wurden Woodhouse & Rawson in London im Mai 1886 wegen Patentverletzung verurtheilt. In Deutschland ist ein bezügliches Patent jedoch nie nachgesucht worden. Maxim's Patente erwarb die United States Electric Company. Derselbe hatte schon mit Sawyer zusammen Jahre zuvor in Bezug auf das Präpariren der Kohlen Versuche gemacht. Seine Lampen kamen zuerst im Herbst 1880 im Gebäude der „Equitable“, Lebensversicherungsgesellschaft, 120 Broadway, zur Anwendung. Es war dies nächst dem Dampfer „Columbia“ die erste praktische Beleuchtungsanlage mit vorzüglichen Glühlampen. Die „New York Evening Post“ brachte am 12. November 1880 eine ausführliche Beschreibung derselben, die viel Interesse erregte. Nicht minder war man erstaunt über einen Artikel von Professor G. F. Barker in Philadelphia am 22. November 1880 im selbigen Blatt. Derselbe äusserte sich wie folgt: Es ist mir unzweifelhaft und ebenso den Professoren Morton und Draper, dass Maxim eine namhafte Entdeckung gemacht hat. Jahrelang bin ich ein Bewunderer von Edison's unermüdlichem Eifer nach der Ergründung der wahren Lösung des Problems der elektrischen Beleuchtung gewesen und ich kann seine unbesiegbare Energie und seine unerschöpflichen Bemühungen in seinem Forschen bezeugen. Aber ein anderer Mann hat die Lösung gefunden.

Den ersten mechanischen Elektrizitätszähler beschreiben Sawyer & Man in einem Patente vom 19. No-

vember 1878, der auch in dem Buche von Pope abgebildet ist. Jede Lampe verursachte in Pausen das Fortschreiten eines Zählwerks, dessen Uhrwerk sich ohne zu zählen bewegte, wenn keine Lampe Strom hatte. Auf seinen chemischen Zähler nahm Edison erst am 20. März 1880 ein Patent.

Am 6. August 1889 veröffentlichte der Secretär der National Electric Light Association eine Uebersicht über die industrielle Entwicklung der Glühlampe, welche zeigt, dass nicht weniger als 2,704.768 Glühlampen in den United States America in Betrieb sind mit einer Zunahme von über 200.000 Stück in den letzten sechs Monaten vor obigem Datum. Zum Betrieb derselben sind 300.000 Pferdekkräfte nöthig, was etwa ein Zehntel aller Betriebskraft in den United States America nach der Schätzung von 1880 ausmacht. Mehr als 350.000 Lampen werden von Centralstationen aus betrieben, welche allein der Westinghouse Electric Company in Pittsburgh gehören und die in kaum drei Jahren installiert wurden. Das für elektrische Beleuchtung, Eisenbahnen und Kraftübertragung aufgewendete Capital in den United States America beträgt nicht weniger als 275 Millionen Dollars. Dies die Mittheilungen des Herrn Pope, der mit seiner so gründlichen und interessanten Darstellung endlich Herrn Edison's Verdienste an der Glühlampe genügend gekennzeichnet, wie der „Elektrotechnische Anzeiger“ es in Bezug auf den Phonographen gethan hat. In Bezug auf beide Erfindungen hat ohne Zweifel Herr Edison fleissige und gründliche Forschungen angestellt. „But — another man found it.“

Welchen Ausgang die in Deutschland seit nun circa acht Jahren schwebenden Prozesse um Edison's Patente

haben werden, kann nach den obigen Thatsachen wohl kaum mehr zweifelhaft sein. Wenn sie aller Wahrscheinlichkeit nach auch zu Gunsten von Edison's Concurrenten ausfallen werden, so haben sie doch lange Jahre Viele abgeschreckt, ausser Edison-Lampen auch andere zu verwenden. Es ist dadurch der Preis künstlich hoch gehalten und die Herstellung von Glühlampen durch Andere sehr eingeschränkt worden.

Das dem so ist, sehen wir in England, woselbst Edison und Swan das Monopol haben. Die Lampen verkauft in Folge dessen die Londoner Fabrik in England mit 3·50 Mark, die sie am Continent mit 2 Mark und weniger abgeben muss. Englands Glühlampenexport wird in Folge dessen je länger, desto geringer, da man die Lampen in Deutschland und Amerika zum halben Preise haben kann. Das amerikanische „Bumkumphone“ hat leider zu lange in unserem Continente seine Schuldigkeit gethan und unsere Markstücke in Dollars verwandelt.

Wie man in Amerika selbst zur Unwahrheit greift und mit allen nur denkbaren Mitteln den Zweck zu erreichen sucht, zeigt eine Annonce der Edison United Manufacturing Company, vom Vorsitzenden Edward H. Johnson unterzeichnet. *) Hierin heisst es: Mr. Edison's Kohlenfadenpatent von 1879 deckt vollständig die moderne Glühlampe. Der Einwand, dass dieses Patent jemals im Patentamt der Vereinigten Staaten angefochten sei, ist absolut falsch. In Deutschland und England hat dieses Hauptpatent endgiltig gegen alle Patentverletzer gesiegt und so die Thatsache erwiesen, dass Herrn Edison's

*) Siehe „Electrical World“, New York, vom 20. August 1887, S. VII, sowie „Electrical Engineer“, New York, April 1887, S. XIX.

grosse Erfindung nirgends zuvor gemacht ist, hieraus folgt das gleiche Ergebniss für die Vereinigten Staaten etc. Gut, dass wir „this card to the public“ wie sie überschrieben ist, hier am Continent auch lesen und diese falschen Angaben gründlich berichtigen können. Bald werden auch in Deutschland die Würfel gefallen sein und die Processe „nur noch historischen Werth“ haben, wie man kürzlich sich ausdrückte. Von allen obigen Behauptungen ist nicht eine einzige wahr, da Edison's Patent von Sawyer schon 1885 mit Erfolg angefochten war und in Deutschland zu Anfang 1890 noch nicht entschieden ist.

VII. Historische Entwicklung der modernen Glühlampe.

Jahr	Datum	
1840	—	W. R. Grove's Glühlampe.
1845	4. Nov.	J. W. Starr in Cincinnati nimmt Patent auf Glühlampe mit Kohlenbrenner im Vacuum.
1845	—	Grove publicirt seine Lampe von 1840.
1847	—	Professor J. W. Draper publicirt Versuche mit glühendem Platin.
1859	Juli	Moses G. Farmer beleuchtet sein Haus durch getheiltes Licht; die erste Privatwohnung mit elektrischem Licht erleuchtet.
1866	9. Nov.	Moses G. Farmer schreibt an Henry Wilde in Manchester England über seine selbst-erregende Dynamomaschine.
1866	Dec.	Siemens beschreibt seine Dynamomaschine vor Berliner Physikern.
1866	24. Dec.	S. Alfred Varley sucht provisorisches Patent auf seine Dynamomaschine nach.
1867	17. Jan.	Siemens berichtet der Akademie der Wissenschaften zu Berlin über seine Dynamomaschine.
1867	Febr.	Siemens' Bericht publicirt in Poggendorf's Annalen.

Jahr	Datum	
1867	14. Febr.	Professor Charles Wheatstone überreicht der Royal Society eine Beschreibung seiner Dynamo.
1867	Juli	Varley's provisorisches Patent publicirt.
1870	11. Apr.	Z. T. Gramme's französisches Patent auf die Gleichstromdynamo.
1871	Juli	Gramme stellt seine Dynamo in Paris in der Akademie der Wissenschaften aus.
1875	—	M. G. Farmer erzeugt mit seiner Dynamo 42 Glühlichter.
1876	23. Nov.	Farmer's elektrisches Licht mit automatischem Regulator wird im officiellen Bericht des Secretärs der United States-Marine erwähnt.
1877	27. Juni	W. E. Sawyer's Patent auf ein elektrisches Beleuchtungssystem.
1877	10. Aug.	W. E. Sawyer's Patent auf ein elektrisches Beleuchtungssystem mit Parallelschaltung der Lampen.
1877	Nov.	Hiram S. Maxim erfindet seine Platinlampe mit Wärmeregulator.
1878	Jan.	W. E. Sawyer und Albon Man verbinden sich behufs Glühlicht-Erfindungen.
1878	7. Febr.	Sawyer & Man's Werkstatt für Lichtversuche.
1878	März	Sawyer & Man stellen Leuchtkohlen aus Papier und anderen Faserstoffen her.
1878	18. März	Sawyer & Man stellen Lampen mit hartem Kohlenbrenner aus.
1878	19. April	„Engineering“ beschreibt Crook's Radiometer.
1878	5. Juni	Sawyer & Man's Patent auf Parallelschaltung mit in der Stärke abnehmenden Leitungen ausgegeben.
1878	25. Juni	Sawyer & Man patentiren die automatische Regulirung der Stromquelle.
1878	8. Juli	Electrodynamic Light Company durch Sawyer & Man begründet.

Jahr	Datum	
1878	8. Sept.	Edison sieht Wallace Maschine in Ansonia.
1878	11. Sept.	Edison's Vorschlag für elektrische Beleuchtung zuerst erwähnt.
1878	12. Sept.	Edison behauptet, ein neues System der Glühlichtbeleuchtung erfunden zu haben.
1878	5. Oct.	Edison's erstes Patent auf eine Platinlampe nebst Wärmeregulator.
1878	9. Oct.	St. George Lane-Fox's provisorisches Patent auf eine Glühlampe von hohem Widerstand für Parallelschaltung.
1878	11. Oct.	Panik in Gasactien an der Londoner Stock Exchange, verursacht durch die Nachricht, Edison habe das elektrische Licht getheilt.
1878	17. Oct.	Edison Electric Light Company begründet.
1878	17. Oct.	Sawyer sucht Patent für einen elektrischen Zähler nach.
1878	29. Oct.	Sawyer & Man zeigen öffentlich elektrische Glühlampen.
1878	15. Nov.	F. R. Upton wird Edison's Gehilfe.
1878	22. Nov.	Professor G. F. Barker erklärt, dass die Durchführbarkeit von Edison's Entwurf ausser Frage stehe.
1878	23. Nov.	W. E. Sawyer spricht aus, dass elektrische Beleuchtung mit Platinlampe nicht ausführbar sei.
1878	25. Nov.	Edison erklärt, dass Kohle für Glühlampen nicht zu brauchen ist.
1878	7. Dec.	Sawyer & Man's Lampe im „Scientific American“ beschrieben.
1878	7. Dec.	Sawyer's Zähler beschrieben.
1879	21. April	Edison sucht erstes Patent nach auf Glühlampen von hohem Widerstand für Parallelschaltung.
1879	19. Mai	Thomas Wallace wird Vorsitzender der Electrodynamical Company von Sawyer & Man.

Jahr	Datum	
1879	22. Oct.	Edison macht die erste brauchbare Lampe mit verkohltem Papierbrenner.
1879	4. Nov.	Edison's Patent auf Kohlenfaden von hohem Widerstand.
1879	14. Nov.	Edison's Patent auf Glühlampe mit Kohlenfaden von hohem Widerstand in Canada ausgegeben.
1879	11. Dec.	Edison sucht Patent nach auf Lampe mit Papierkohle.
1879	21. Dec.	„New-York Herald“ veröffentlicht den ersten Bericht über Edison's erfolgreiche Lampe.
1880	Jan.	Edison Electric Illuminating Company gegründet.
1880	9. Jan.	Sawyer & Man geben Patente ab auf Papierkohle.
1880	27. Jan.	Edison's United States Patent auf einen Kohlenfaden von hohem Widerstande.
1880	Febr.	Erste authentische Beschreibung über Edison's Glühlichtsystem durch Upton in Scribner's Monthly.
1880	20. März	Edison's Patent auf elektrische Zähler.
1880	27. März	Erste Messungen von Edison-Lampen publicirt.
1880	10. April	Nutzeffect von Edison's Dynamo von Brackett und Young gemessen.
1880	17. April	„Scientific American“ publicirt Professor Morton's Messungen der Edison-Lampe.
1880	2. Mai	Erste Beleuchtungsanlage auf der „Columbia“ in Betrieb gesetzt.
1880	14. Juni	Edison's Leistungen im „New-York“ Sun publicirt.
1880	23. Sept.	Einspruch von Sawyer & Man gegen Edison's Patente.
1880	Nov.	Glühlampenfabrik in Menlo-Park eröffnet.
1880	Nov.	Die erste Beleuchtungsanlage am Lande durch die United States Electric Light Company in Betrieb gesetzt, Sawyer-System in New-York.

Jahr	Datum	
1881	6. Apr.	Sawyer & Man's Erfindungen von der Eastern Electric Manufacturing Company angekauft.
1882	Jan.	Edison Company for isolated lighting begründet.
1882	20. Jan.	Patentamt spricht Sawyer & Man die Priorität zu.
1882	1. Apr.	Lampenfabrik Edison's in East Newark eröffnet.
1882	24. Juli	Die Entscheidung des Examiner of Interferences durch den commissioner of patents aufgehoben.
1882	4. Sept.	Edison's Centralstation in New-York eröffnet.
1882	8. Sept.	Consolidated Electric Light Company gegründet.
1883	2. Juni.	Der Examiner of Interference entscheidet zum zweitenmal zu Gunsten von Sawyer & Man.
1883	16. Juli	Sawyer & Man Illuminating Company gegründet.
1883	25. Juli	Board of examiners-in-chief stossen die Entscheidung des examiner of Interferences um.
1883	October	Erste commercielle Installation von der Sawyer & Man Company.
1883	8. Oct.	Commissioner of patents bestätigt die Entscheidung des Examiner of Interferences und entscheidet die Priorität von Sawyer & Man.
1883	17. Oct.	Edison appellirt an den Secretär des Innern.
1884	19. Nov.	Der Secretär des Innern weist die Berufung zurück.
1884	24. Nov.	Edison versucht von neuem beim Patentamt gehört zu werden.
1885	2. April	Der Versuch zur Wiederaufnahme des Verfahrens vom Patentamt abgewiesen.
1885	12. Mai	Sawyer & Man's Patent auf den Kohlenbügel aus faserigem Material ausgegeben.
1885	27. Juni	Das Patentamt verweigert Edison's Gesuch, einen neuen Einspruch wieder anzunehmen.
1886	Mai	Entscheidung des Richters Butt, wonach Sawyer & Man's Patent für Präpariren in Kohlenstoffgas aufrecht erhalten wird.

Jahr	Datum	
1889	20. Jan.	Der höchste Gerichtshof der United States entscheidet im Streit zwischen Bate gegen Hammond.
1889	26. Feb.	Edison's canadisches Patent wird annullirt.
1889	Mai	Westinghouse und United States Electric Light Company vereinigt.
1889	25. Mai	Entscheidung durch Richter Thayer zwischen Huber gegen Nelson Manufacturing Company.
1889	8. Aug.	Richter Wallace entscheidet im Streite Pohl gegen die Anchor Brewing Company.

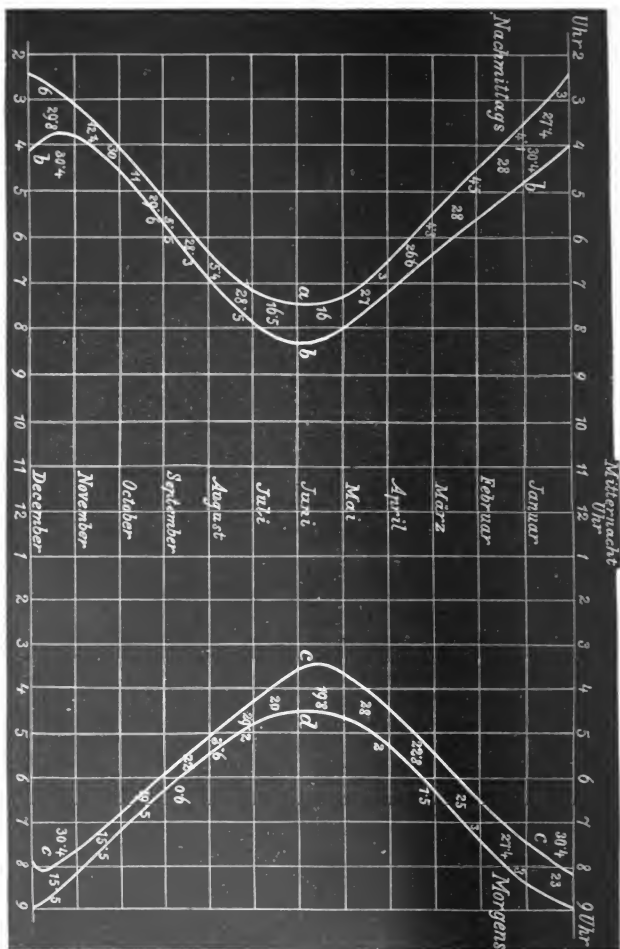
VIII. Verzeichniss der hauptsächlichsten Glühlampenfabriken.

Or t	Laufende Nummer	F i r m a	S y s t e m
Berlin	1	Actiengesellschaft für elektrische Glühlampen	Seel
"	2	Allgemeine Elektrizitätsgesell- schaft	Edison
"	3	Elektrotechnische Industriegesell- schaft	Langhans
"	4	Fritsche & Pischon	Fritsche
"	5	Siemens & Halske	Edison
Bruxelles	6	Société anonyme pour la Fabri- cation des Lampes à Incan- descence	Seel
Budapest	7	B. Egger & Co.	{ Egger Seel
Cleveland O.	8	Brush Electric Company . . .	Lane-Fox
Gateshead u./T.	9	Clarke, Chapman, Parsons & Co.	Sunbeam
Gelnhausen	10	Elektricitäts-Maatschappij System de Khotinsky	De Khotinsky
Rotterdam	11	Elektrische Fabrik Alexander Bernstein	Bernstein
Hamburg	12	Glühlampenfabrik und Elektri- citätswerke	Müller
"	13	Société Edison	Edison
Ivry s./S.	14	United Swan & Edison Company	{ Edison Swan
London	15	Tecnomasio B. Cabella & Co. .	Cabella
Milano			

O r t	Lauende Nummer	F i r m a	S y s t e m
New York	16	Consolidated Electric Light Company	Sawyer-Man
		Sawyer-Man Electric Company .	
"	17	Edison United Manufacturing Company	Edison
Paris	18	Phillippart Frères	De Changy
Torino	19	Società Italiana di Elettività Sistema Cruto	Cruto
Wien	20	B. v. Berndt & Co.	
"	21	Kremenezky & Co.	Berndt
"	22	F. S. Frassl	Lane-Fox

Anmerkung. Verfasser ist gerne bereit, Mittheilungen über neue Erzeugnisse, neue Fabriken oder Berichtigungen entgegenzunehmen und selbige bei nächster Auflage zu verwerthen, um allen Ansprüchen möglichst nachzukommen und so das Buch nützlich für alle Kreise zu gestalten.

Tafel 1.
Graphischer Brennkalendar für 52° nördl. Breite *)



*) Vergleiche die Tabelle S. 154.

Erläuterung zum graphischen Brennkalender.

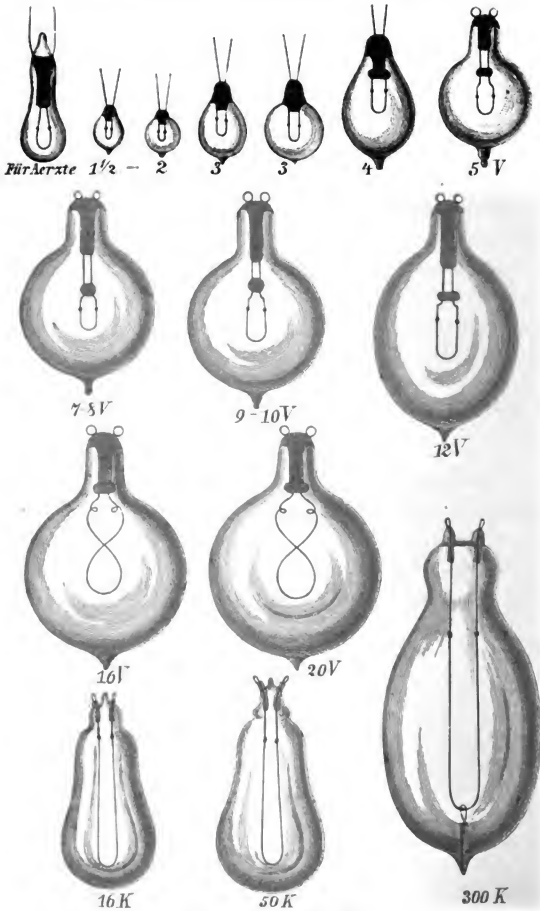
(S. 154 u. 192.)

Die Fläche zwischen den beiden Curven *b* und *c* giebt die Zeit, in welcher Licht gebraucht wird. Die Curven *b* und *c* geben die Zeit des Sonnenauf- und -Unterganges; die Curven *a* und *d* die Zeit des Ansteckens und Auslöschens der Lampen. Jedes Quadrat bildet einen Stundenmonat oder 30·4 Stunden, respective wenn Sonntage und Feiertage nicht mitrechnen 25·6 Stunden. Die Zahlen in den Quadraten geben deren Werth in Stunden, inclusive Sonntage und Feiertage.

Auf Tafel 2 (nächste Seite) sind die ersten sechs Lampen natürlicher Grösse; das Verhältniss der Lampen von 5, 7—8, 9—10, 12, 16 und 20 Volts = 2 : 3, bei 16 Kerzen 100 Volts, 1 : 4; 50 Kerzen 100 Volts, 1 : 6 und 300 Kerzen 100 Volts, 1 : 6.

Tafel 2.

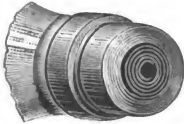
Größen verschiedener Lampen.



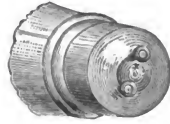
Erläuterungen S. 193.

Tafel 3.

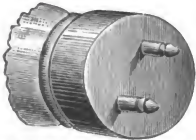
Contacte verschiedener Systeme.



HELIOS, MUTTERGEWINDE.



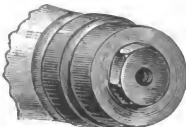
OESEN.



BERNSTEIN, ZWEI CONTACT-STIFTE.



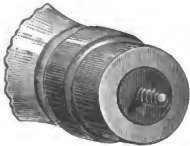
BAYONETTE, SWAN.



HUBER, RUNDE FEDERNDE CONTACTE.



EDISON, SCHRAUBE.



CRUTO, SCHRAUBSTIFT.



SIEMENS, FLÜGEL.

In A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig sind von demselben
Verfasser erschienen:

Elektro-technische Bibliothek, Band XVI.

Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis.

Von J. Zacharias.

Mit 72 Abbildungen.

16 Bogen. Octav. Geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark. Eleg. geb. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

Elektro-technische Bibliothek, Band XXIV.

Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen für alle Zwecke der Praxis.

Von J. Zacharias.

Mit 94 Abbildungen.

16 Bogen. Octav. Geh. 1 fl. 65 kr. = 3 Mark. Eleg. geb. 2 fl. 20 kr. = 4 Mark.

Beide Bände ergänzen einander. Sie sind allen Denen zu empfehlen,
welche sich mit der Einrichtung des elektrischen Lichtes beschäftigen.

Die „Zeitschrift für Elektrotechnik“ in Wien 1884, S. 414, sagt bei der
Besprechung des XXIV. Bandes unter Anderem Folgendes: „In deutscher
Sprache existirt kaum ein Werk, ausser dem vorliegenden, welches dem an-
gehenden Elektrotechniker mit so vielen praktischen Winken und werthvollen
Daten an die Handinge, wie das von Zacharias.“

Auch auf die praktische Brauchbarkeit des Buches für den Elektrotechniker,
im allgemeinsten Sinne des Wortes, können wir nicht genug aufmerksam machen.



621.35

Y.I.

621.35

406 LOW

YI

Zacharias

Die glühlampe.

1892.

20 Jan 3 Ap

3 Ap 31 My

FFB 24

letterman

